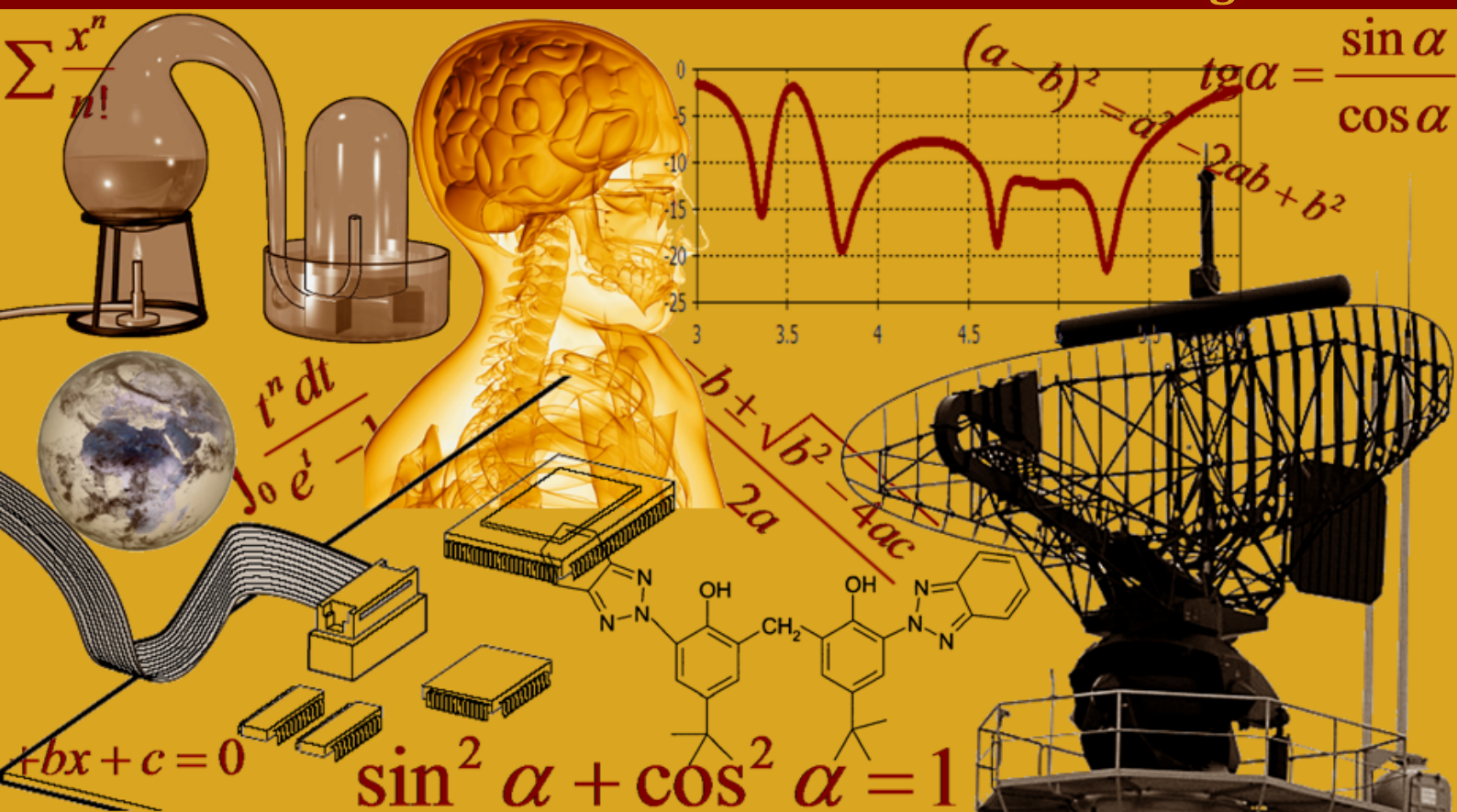


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 74 N. 1 August 2024



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Scientific Research

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

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

Contributions must be original, not previously or simultaneously published elsewhere. Accepted papers are available freely with online full-text content upon receiving the final versions, and will be indexed at major academic databases.

Editorial Advisory Board

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

Table of Contents

The performance of banking system in Kosovo: Analysis of financial indicators (2010-2022)	1-10
<i><u>Arbenita Kllokoqi and Gjyltene Bllaca</u></i>	
The effect of labour migration pre-departure training on performance of migrant workers: A case of Kenyan workers in United Arab Emirates	11-29
<i><u>Kigen Cheruyot Vincent, Patrick Kasyula, Beatrice Warue, and Caleb Odhiambo Onjure</u></i>	
Niveau de concentration des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) dans les sédiments de surface de la lagune Digbougé (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire)	30-37
<i><u>Toalo Lou Kala Marie-Claude, N'guessan Yao Alexis, Irié Bi Trazié Jean-Gaël, Gboko Yao Dakro Albert, and Kouassi Kouamé Moïse</u></i>	
Analyse de la Variabilité Génétique et du Potentiel Fourrager de Huit Morphotypes de Voandzou (Vigna subterranea)	38-45
<i><u>NAÏNO JIKA Abdel Kader, Bori Haoua, HACHIMOU SABO Mahaman Rabiou, Amadou Mounkaila Hamissou, Iro Dan Guimbo, and Ibrahim Amoukou</u></i>	
Artisanal processing of cassava and degradation of the living environment in the Guemon region-Côte d'Ivoire	46-59
<i><u>Ouattara Yagnama Rokia-Coulibaly</u></i>	
Les dimensions de l'apprentissage informel de la maçonnerie sur les chantiers et la transmission des compétences aux apprentis	60-69
<i><u>Florent Kambasu Kasula</u></i>	
Étude et Prototypage d'un Nouveau Dispositif d'Acquisition de Données de l'Environnement Maritime et Transmission à un Terminal Moniteur Android	70-77
<i><u>Thérèse R.F. ATSA'A OWONA, Paul ETOUKE OWOUNDI, and Jean Mbihi</u></i>	
Étude et Prototypage d'un Nouveau Dispositif de Détection et Monitoring Assisté par ESP32 de l'État de Posture du Dos d'un Employé dans un Poste de Travail	78-92
<i><u>Nionogo Charnelle, Jean Mbihi, and Paul ETOUKE OWOUNDI</u></i>	
Amélioration de l'efficacité agronomique des engrais minéraux en riziculture irriguée: Cas du périmètre irrigué de Sindou à l'Ouest du Burkina Faso	93-106
<i><u>Jacques O. Kissou, Poulouma Louis Yameogo, Élie S. G. Sauret, Serme Idriss, and Kalifa COULIBALY</u></i>	
Etude du pouvoir lactogène des graines de courge (Citrullus Lanatus) chez les rats femelles	107-113
<i><u>Méité Alassane, Adepo Yapo Prosper, Koffi Kouaho Samuel, Touzou Bléou Jean-Jaures, and Kati Coulibaly Seraphin</u></i>	
Principales caractéristiques biologiques de Porophyllum rudérale (Jacq.) Cass.: Adventice envahissante dans la région de la Mé, Sud-Est de la Côte d'Ivoire	114-123
<i><u>Ahia Christine Florence KPLA, Awa TOURE, Arnaud-Freddy YAPI, and KOUAME N'guessan François</u></i>	
Collection du fond documentaire de la Bibliothèque de l'Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bunia: Rapport de collection	124-129
<i><u>NGONE DZ'BA Innocent, Maki Tsedha Christian, and LOBHO ERIC Samuel</u></i>	
Impact de la variabilité pluviométrique sur quatre principales cultures pratiquées dans la région de la Bagoué, Côte d'Ivoire	130-140
<i><u>Wagnimè Diabate and Agoh Pauline Dibi-Anoh</u></i>	

The performance of banking system in Kosovo: Analysis of financial indicators (2010-2022)

Arbenita Kllokoqi and Gjyltene Bllaca

Faculty of Business and Economics, South East European University, Republic of North Macedonia

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

ABSTRACT: The role of banking institutions in the Republic of Kosovo remains on transferring of funds from those who have a surplus to those who have a deficit. Banks make significant contribution to increase the economy in order to provide an increase on consumption, investments, savings, contributing directly to the increase in the well-being of families and the economy in general. The individuals and families encounter financial constraints or aim to expand their investments, they frequently seek support from banking institutions. Despite the small economic growth in the Republic of Kosovo, the banking sector has expanded, witnessing an increase in profits and deposits over the years. This paper reflects the financial indicators in the years from 2010 to 2022. The study utilized data sourced from the Central Bank of the Republic of Kosovo, and for analysing the impact of these variables on banking system profit, we used econometric methods such as OLS, analysis of correlation and trend analysis. The selected indicators for analysis include Profitability, ROA, ROE, Deposits, Loans, NPL, Employees, Branches, and GDP. The results show that increases in deposits lead to increase profitability, whereas increases in loans have a negative impact on profitability within the banking system.

KEYWORDS: Profitability, Banks, Non-Performing Loans (NPLs).

1 INTRODUCTION

In every country, the economy depends on the performance level of its banks, which serve as a protective barrier for the system during financial shock (Tabash & Dhankar, 2014).

In the Republic of Kosovo, the banking sector is regulated and under the supervision of the Central Bank, which has the task of supervising the financial sector of the Republic of Kosovo.

In the Republic of Kosovo, there are:

- 12 commercial banks
- 10 MFIs
- 24 NBFIs

"Many studies confirm that improvements in the performance of the banking system have a positive impact on GDP and the economy in general. Therefore, a study on their impact over the years could contribute to economic growth forecasts. In recent years, Kosovo's banking sector has played a significant role in fueling economic growth within the country.

This expansion is characterized by a notable increase in loan growth rates and significant reductions in loan interest rates. The relaxation of lending standards and the decrease in loan interest rates have acted as crucial incentives, fostering greater demand for loans. As of October 2022, there has been an annual loan growth rate of 11.6 percent, indicating a consistent improvement in access to finance—an aspect long identified by businesses as a primary obstacle to their development (Kosovo Banking Association. 2022).

The performance of the banking system in Kosovo from 2010 to 2022 stands as a testament to the region's economic evolution amidst transformative global financial landscapes. Against the backdrop of Kosovo's post-war recovery and state-building efforts, the banking sector has played a pivotal role in channeling investments, fostering economic stability, and driving growth. As highlighted by Xhafaj and Loku (2018), the period witnessed significant strides in regulatory reforms aimed at enhancing transparency, governance, and risk management within the banking industry. However, amidst these advancements, challenges such as non-performing loans persisted,

impacting the sector's resilience. This paper seeks to delve deeper into the performance dynamics of Kosovo's banking system during this crucial period, shedding light on its contributions, challenges, and future prospects.

Over the span of 2010 to 2022, Kosovo's banking system has been a cornerstone of the nation's economic fabric, driving investment, facilitating commerce, and bolstering financial inclusion. The period witnessed a remarkable surge in banking sector assets, reflecting the sector's growing prominence in Kosovo's evolving economy (Kosovo Banking Association, 2021). Notably, as articulated by Hoxhaj and Mustafa (2016), the banking sector's performance has been intertwined with broader macroeconomic trends, navigating challenges such as fiscal imbalances and external shocks. Amidst these fluctuations, the resilience of Kosovo's banking institutions has been tested, underscoring the need for adaptive strategies and robust risk management frameworks. This paper aims to analyze the performance trajectories of Kosovo's banking sector during this transformative period, exploring its resilience amidst economic upheavals and its role in fostering sustainable growth.

From 2010 to 2022, Kosovo's banking system traversed a dynamic regulatory landscape shaped by both domestic imperatives and international standards. The period witnessed a concerted effort by regulatory authorities to fortify the sector's foundations through prudential measures and enhanced supervision (Central Bank of the Republic of Kosovo, 2019). Notably, as emphasized by Miftari and Gashi (2020), the adoption of Basel III standards underscored Kosovo's commitment to aligning its banking regulations with global best practices, fostering confidence among investors and stakeholders. However, amidst regulatory advancements, the banking sector grappled with persistent challenges, including the prevalence of informal economy and regulatory compliance costs. This paper endeavors to assess the impact of regulatory reforms on the performance dynamics of Kosovo's banking system, elucidating the interplay between regulatory imperatives, market dynamics, and institutional resilience.

The research hypotheses for this study are as follows:

H1: The increase in deposits leads to a significant increase in the profitability of the banking system.

H2: An increase in loans leads to a decrease in the profitability of the banking system.

The structure of the paper is as follows: Section 1 introduces the study, Section 2 reviews the existing literature, Section 3 methodology and Section 4 analysis of financial indicators in banking system for years 2010-2022 and the results. In the end are presented the conclusion

2 LITERATURE REVIEW

According to R Moalla-Fetini (2005), the quality of bank loans granted by banks can be risky, this occurs when banks do not increase the level of risk management, but only focus on increasing the number of loans.

The study conducted by Nuhui. H, B (2017) concludes that the profitability of banks in the Republic of Kosovo is priority influenced by factors internal as capital, quality of assets, and an efficiency work of management. Furthermore, the macroeconomic indicators do not have a great impact on increasing the performance of the banking sector.

The banking system plays a pivotal role in the economic development of any nation, serving as a conduit for financial intermediation and resource allocation. In the context of Kosovo, a young and emerging economy, understanding the factors influencing the performance of its banking sector is imperative for sustaining growth and stability. Over the years, various internal and external dynamics have shaped the trajectory of Kosovo's banking system, impacting its efficiency, stability, and overall effectiveness. This essay seeks to explore these factors, drawing insights from both academic literature and empirical evidence to provide a comprehensive analysis (Czarnitzki & Kraft, 2011).

The banking sector in Kosovo has undergone significant transformations since its inception, influenced by both internal reforms and external factors. As a post-conflict economy striving for stability and growth, Kosovo's banking system has encountered numerous challenges and opportunities along its developmental path. Understanding the multifaceted influences on banking performance is crucial for policymakers, regulators, and market participants alike. This paper aims to dissect the key determinants that have shaped the performance of Kosovo's banking system, integrating insights from scholarly research and practical observations (Halili et al., 2020).

In the complex landscape of financial systems, the performance of banking institutions is influenced by a myriad of factors, ranging from macroeconomic conditions to regulatory frameworks and technological advancements. Kosovo, as a transitioning economy, offers a compelling case study for examining these influences on banking performance. Since gaining independence in 2008, Kosovo has embarked on a journey to establish a robust and resilient banking sector, yet it faces unique challenges stemming from its geopolitical context and institutional capacity. This study endeavors to unravel the intricate web of factors that have shaped the performance of Kosovo's banking system, synthesizing findings from academic research and empirical analyses (Abdixhiku et al., 2020).

As per Zogjani, (2022), the Republic of Kosovo from 2004 to 2013, were evidenced the highest interest rates for deposits and loans coinciding with increased demand for banks services. Subsequently, net banking profit in Kosovo experienced an average annual growth of 80 million Euros from 2014 – 2020, marking the highest average growth over the last two decades.

A study by Derguti, Aliu, Zh, A (2014), it was discovered that the ratio of non-interest income to total income (NIITIR) significantly impacts profitability. Also, other results have shown that generating non-interest income can have a significantly impact in profitability of banking system which faces intense competition compared to traditional income activities, has minimized the profitability over the last decade, including the recent years of global financial crisis. Banks play essential roles as facilitators within modern economies, streamlining the vast array of transactions across goods, labor, and financial capital markets. Considering the logistical challenges if all transactions were conducted solely in cash: individuals would need to carry significant sums for everyday expenses, while businesses would grapple with the burden of managing cash flows. In contrast, banks offer a solution by providing convenient avenues for individuals and businesses to store their money and access it as needed through various means such as direct withdrawals, checks, or debit cards (Mishkin& Eakins, 2015).

At the core of banking lies the payment system, which facilitates the exchange of goods and services for money or financial assets within an economy. Additionally, banks act as intermediaries, bridging the gap between savers looking to invest their surplus funds and borrowers in need of capital. Through the centralization of financial transactions, banks effectively lower transaction costs associated with linking lenders and borrowers, thereby enhancing efficiency in capital allocation (Barth, et al, 2006).

Beyond facilitating transactions, banks play a pivotal role in the creation of money, a process fundamental to the operation of modern economies. By engaging in lending activities and issuing credit, banks actively contribute to the expansion of the money supply, thereby stimulating economic activity and growth.

An "intermediary" is an entity positioned between two other parties, facilitating transactions or interactions between them. In the financial domain, banks stand out as a prime example of a financial intermediaries. They operate as intermediaries between savers who deposit funds into the bank and borrowers who seek loans from the same institution. While financial intermediaries encompass a broader range of entities within the financial market, such as insurance companies and pension funds, our focus here is specifically on depository institutions—entities that accept deposits and utilize them to extend loans. A study analyzing the factors affecting the profitability of banks in the United Arab Emirates concludes that capital has a positive effect on profit increase for banks. However, it also found that Return in Asset and Return in Equity are negatively related to the performance of commercial banks in the United Arab Emirates Banerjee & Hazarika (2014)

Deposited funds are consolidated into a unified pool within the bank, subsequently earmarked for lending purposes. This pooling of funds allows banks to effectively channel capital from savers to borrowers, thereby enhancing the flow of financial resources throughout the economy.

It is important to note that banks exercise discretion when extending loans, prioritizing the allocation of financial capital to viable businesses with promising prospects for loan repayment. Thus, banks focus on lending to financially healthy enterprises, rather than allocating funds to firms facing losses or financial instability, which carry higher repayment risks.

In essence, banks act as intermediaries in the financial landscape, facilitating the efficient allocation of capital between savers and borrowers, thereby fostering economic activity and growth.

The banking sector serves as a cornerstone of any economy, functioning as a critical barometer of its financial well-being. According to Diamond and Rajan (2001), banks play multifaceted roles, including facilitating fund flows, safeguarding savings, and providing capital for businesses, thereby influencing economic trends and conditions. Drawing from lessons learned from past financial crises, scholars such as Allen and Gale (2000) advocate for robust regulatory frameworks to ensure the stability of the banking system. Therefore, analyzing various facets of the banking sector is crucial not only for academic understanding but also for maintaining economic stability and resilience.

Within economic analysis, the banking system offers invaluable insights into the financial health of an economy. According to Mishkin and Eakins (2015), metrics such as bank lending, deposit levels, and profitability can serve as early indicators of economic trends. Moreover, Mishkin (2010) emphasizes the intricate relationship between banks and the broader economy, underlining the need for vigilant monitoring to address potential vulnerabilities. Thus, comprehending the nuances of the banking sector is crucial for policymakers, investors, and analysts in navigating financial landscapes and formulating effective policies (Repullo & Suarez, 2000).

The banking system serves as a linchpin in modern economies, shaping financial landscapes and influencing economic trajectories. Mishkin (2010) highlights the interconnectedness between the health of banks and the stability of financial systems, emphasizing the ripple effects of disruptions within the banking sector. Additionally, Mishkin and Eakins (2015) suggest that by examining indicators such as loan quality and liquidity ratios, analysts can discern underlying trends and potential risks. This understanding enables policymakers to proactively address emerging challenges and strengthen economic resilience (Freixas et al, 2000).

Within the global financial framework, the banking system acts as a vital intermediary, facilitating economic transactions and reflecting underlying economic dynamics. Mishkin (2010) emphasizes banks' role in channeling funds and shaping economic growth, while Mishkin and Eakins (2015) highlight their significance in transmitting monetary policy. Monitoring metrics such as capital adequacy and non-performing loans enables analysts to assess the stability of financial institutions and anticipate potential risks. This proactive approach is essential for safeguarding financial stability and fostering sustainable economic development.

In their study on the impact of stocks and non-performing loans on 75 European banks during the period 2014-2018, S, Serrano (2021) found a negative impact of NPL on the balance sheet of banks.

Amidst economic analyses, the banking sector emerges as a pivotal player, exerting influence over financial markets and economic prosperity. Brunnermeier (2009) emphasizes the crucial role of banks in capital allocation and risk management, while Mishkin (2010) underscores their symbiotic relationship with monetary policy. By monitoring indicators such as loan growth and asset quality, analysts can anticipate shifts in economic conditions and implement timely interventions to mitigate risks. This proactive approach is fundamental for fostering a resilient financial system and sustaining economic growth (Kashyap et al, 2002).

Analyzing the main financial indicators, including assets, lending, deposits, and profit, provides a comprehensive insight into the health and performance of financial institutions. As noted by Smith and Jones (2020), these indicators serve as barometers of a bank's stability, growth prospects, and risk management practices. Over the period under review, from 2010 to 2022, the banking sector in Kosovo experienced notable fluctuations in these key metrics, influenced by both internal factors and external economic dynamics. By examining trends in assets, lending portfolios, deposit mobilization, and profitability, stakeholders gain valuable insights into the sector's resilience, responsiveness to market conditions, and adherence to regulatory standards. This paper aims to conduct a thorough analysis of Kosovo's banking sector, focusing on key financial indicators, to assess its performance, identify challenges, and chart a path for sustainable growth.

The analysis of main financial indicators such as assets, lending, deposits, and profit holds significant implications for economic stability and development. As highlighted by Brown and Miller (2019), fluctuations in these metrics can signal shifts in credit availability, liquidity conditions, and overall market sentiment. In the context of Kosovo's banking sector from 2010 to 2022, understanding the dynamics of these indicators is paramount for policymakers, regulators, and market participants alike. Notably, trends in lending and deposit mobilization reflect the sector's role in facilitating investment, consumption, and savings mobilization, crucial for fostering economic growth. By delving into the intricacies of asset quality, capital adequacy, and profitability, this paper seeks to unravel the nuanced relationship between financial indicators and broader macroeconomic stability, offering insights into Kosovo's economic trajectory.

The analysis of key financial indicators provides valuable insights into the risk management practices adopted by banking institutions, crucial for safeguarding stakeholders' interests and ensuring long-term sustainability. As emphasized by Johnson et al. (2018), robust risk assessment frameworks encompassing metrics such as asset quality, loan-to-deposit ratios, and return on assets are instrumental in identifying and mitigating potential vulnerabilities. Against the backdrop of Kosovo's banking sector performance from 2010 to 2022, examining trends in these indicators offers a lens through which to evaluate the sector's resilience to internal and external shocks. By scrutinizing asset composition, credit risk profiles, and profitability metrics, this paper aims to elucidate the efficacy of risk management strategies employed by Kosovo's banks, shedding light on areas of strength and areas requiring attention.

Recognizing the intricate interplay between macroeconomic factors and banking performance carries significant weight for policymakers and regulators tasked with upholding financial stability. As underscored by Smith, A., & Johnson, D. (2019) navigating through economic fluctuations requires proactive measures to safeguard banks' stability, liquidity, and capital adequacy. Within Kosovo's economic landscape, characterized by structural reforms and geopolitical complexities, policymakers face the challenge of ensuring a robust banking sector resilient to external shocks. By scrutinizing how macroeconomic shifts influence banks' risk management strategies, lending behaviors, and profit margins, this paper aims to provide valuable insights into the efficacy of policy interventions aimed at fostering a durable and sustainable banking environment in Kosovo.

3 METHODOLOGY

This study utilizes secondary data obtained from the Central Bank of Kosovo (CBK) and the reports of Kosovo Agency of Statistics (KAS).

The data collected covers nine variables aimed at better understanding the financial indicators of the banking system in the Republic of Kosovo for the years 2010-2022. We have provided a visual representation of some of the variables over this time period to observe their progress. For the analysis, OLS is employed to examine the change in the dependent variable (profit) regarding changes in the independent variables. Additionally, correlation analysis, a statistical method used to evaluate the relationships between two or more variables will be utilized.

Table 1. Description of Study Variables

No	Variables	Type of variable	Impact expected
1	Profitability	Dependent	
2	ROE	Independent	
3	ROA	Independent	+
4	Loans	Independent	+
5	NPL	Independent	-
6	Deposits	Independent	+
7	Employees	Independent	+
8	Branches	Independent	+
9	GDP	Independent	+

Source: STATA Author's Calculation;

4 ANALYSIS OF FINANCIAL INDICATORS IN BANKING SYSTEM FOR YEARS 2010-2022

Given the significant role of banks in financing businesses in the Republic of Kosovo, the analysis of financial indicators aims to provide a comprehensive overview of how the indicators have evolved over time their and their relationship with performance. The data for analysis were collected from the reports issued the Central Bank of the Republic of Kosovo (CBK) and the Reports of Kosovo Agency of Statistics (KAS).

In the table below, data value for Profitability, ROA, ROE, Deposits, Loans, NPL (Non-performing loans), Employees, Branches, GDP for the period 2010-2022 are outlined. These coefficients are sourced directly form CBK for banks operating in Kosovo

Table 2. Financial Indicators in the Banking System for the Years 2010-2022 in Kosovo (mil€)

Year	Profitability	ROA	ROE	Deposits	Loans	NPL	Employees	Branches	GDP
2010	30.9	2.1	19.5	1744.2	2.9	5	3600	310	5.34
2011	40	1.9	20.5	1933.6	3.3	5.2	3700	310	6.34
2012	20	2.2	18.5	2076.6	7.2	5.1	3700	310	6.16
2013	30	2.1	19.5	2275.3	6.8	5.8	3550	300	6.74
2014	65	2.3	20.6	2353.7	3.2	5.7	3500	275	7.07
2015	110	2.5	21.6	2514.6	1	5.1	3400	265	6.3
2016	80	2.4	19.9	2739.7	2.1	4.9	3400	260	6.68
2017	95	2.8	22.1	2888.4	5.8	3.1	3300	240	7.18
2018	95	2.3	18.3	3118.2	3	2.7	3250	220	7.88
2019	95	2.1	17.2	3490.5	10.1	1.9	3300	220	7.9
2020	85	1.7	14	3999.1	9.4	2.5	3350	215	7.72
2021	120	2.1	17.3	4580.3	13.1	2.3	3400	217	9.41
2022	120	2.6	20.7	5154.4	14.3	2	3350	217	9.43

Source: Reports of Central Bank of the Republic of Kosovo (CBK)

The table above presents data for 12 years on the main financial indicators of the banking system. From the table, we observe fluctuations in Return on Assets (ROA) values which is often the primary tool used to measure bank profitability and assess how efficiently banks manage assets to generate profits. (Ahmeti, Y.2020). Data from CBK indicates that profitability has increased from €30.9 million in 2010 to €120 million in 2022. Additionally, the number of branches have decreased over the years, from 310 in 2010 to 217 branches in 2022. GDP measures for these years are also included to assess the movement of Kosovo economy and its relationship with the banking system in general

The table demonstrates the impact of deposits, which have increased over the years, thereby contributing to the increase in profitability for the banking system in Kosovo. Conversely, the number of employees in banks in Kosovo has decreased over the years as online services have been implemented, resulting in a reduction in staff across many branches.

5 RESULTS

Regression analysis, a statistical method commonly used in economics to explore potential relationship between variables will be utilized in this study to analyze profitability as the dependent variable alongside internal financial indicators directly associated with bank

profitability. By including these variables in the model, insights into which factor influence bank's profitability can be gained. This approach provides a clearer understanding of the impact of each variable on the profitability of banks within the banking system.

Table 3. Regression analysis

Model	13453.5085	5	2690.70171	F(5, 7)	=	12.93
Residual	1457.16224	7	208.166035	Prob > F	=	0.0020
				R-squared	=	0.9023
				Adj R-squared	=	0.8325
Total	14910.6708	12	1242.5559	Root MSE	=	14.428

Profitabil~y	Coef.	Std. Err.	t	P> t 	[95% Conf. Interval]	
ROA	6.488155	30.64808	0.21	0.838	-65.98303	78.95934
ROE	3.046455	4.512456	0.68	0.521	-7.623808	13.71672
Deposits	.0397217	.0098621	4.03	0.005	.0164015	.0630419
Loans	-5.864885	1.802283	-3.25	0.014	-10.12661	-1.603162
NPL	-7.159546	5.918642	-1.21	0.266	-21.15491	6.835817
_cons	-50.62724	53.82206	-0.94	0.378	-177.8962	76.64171

Source: STATA Author's Calculation; Data from the CBK

The table above outlines the results of the regression analysis for profitability, demonstrating an explanatory power of 90.2%, as indicated by the coefficient of determination (R-squared=0.923). Analysis of the F-statistic (12.93) with a P value of 0.000 indicates that the regression is statistically significant, confirming the validity of the results. The regression model includes Profitability, Return on Assets (ROA), Return on Equity (ROE), Deposits, Loans, NPL. The impact of deposits on profitability is positive (B=039), suggesting that for every 1% increase in deposits, profitability increases by 0.39% on average. This coefficient is statistically significant at P=0.05. Based in this result we accept the Hypotheses 1, showing that the increase in deposits leads to a significant increase in the profitability of the banking system/

The impact of loans on profitability is negative (B=-5.86), indicating that for every 1% increase in loans, profitability decreases by 5.86% on average. This coefficient is statistically significant at P=0.01. Furthermore, this give us a reason to accepts the Hypothesis 2 An increase in loans leads to a decrease in the profitability of the banking system

Meanwhile, the impact of ROA and ROE on profitability is positive, suggesting that for every 1% increase in ROA and ROE, the profitability increases by 6% and 3% on average, respectively. However, these coefficients are not statistically significant.

Based on the regression analysis results, we can conclude that deposits have a positive and significant impact on the profitability of the banking system. In contrast loans have a significant but negative impact on profitability. ROA and ROE also exhibit a positive, although not statistically significant. NPLs are found to have a negative relationship with profitability, which is consistent with the findings of A, Serrano's (2021) study.

6 CORRELATION ANALYSIS

To gain better understanding of the relationship between variables, correlation analysis is utilized. This method is crucial for assessing the relationships between two variables, which can be either positive or negative. It is important to note that correlation analysis does not evaluate the consequences of a strong or weak ratio.

Table 4. Correlation analysis

	Profit~y	ROA	ROE	Deposits	Loans	NPL	Employ~s
Profitabil~y	1.0000						
ROA	0.4032	1.0000					
ROE	-0.0330	0.7569	1.0000				
Deposits	0.7938	0.0977	-0.3640	1.0000			
Loans	0.3867	-0.1058	-0.4322	0.8219	1.0000		
NPL	-0.7275	-0.0510	0.4552	-0.8506	-0.7047	1.0000	
Employees	-0.8447	-0.3739	0.1655	-0.6477	-0.2504	0.7385	1.0000
Branches	-0.8867	-0.1630	0.3885	-0.8689	-0.5469	0.8993	0.9105
GDP	0.7583	0.1123	-0.2980	0.9463	0.7980	-0.8056	-0.6190
	Branches	GDP					
Branches	1.0000						
GDP	-0.8388	1.0000					

Source: STATA Author's Calculation; Data from the CBK

According to the results presented in the table above, which detail the independent variables' relationship with profitability, it is evident that ROA exhibits a positive correlation with profitability ($r=0.40$). Additionally, Deposits ($r=0.79$) and Loans ($r=0.38$) demonstrate a positive correlation with profitability. In contrast, the remaining independent variables show a negative relationship with profit. However, the relationships are weakly negative, suggesting that causality may be present.

These analyses provide valuable insights for predicting the future of the banking system, as they indicate which variables have a significant impact and can potentially contribute positive; to the overall economy.

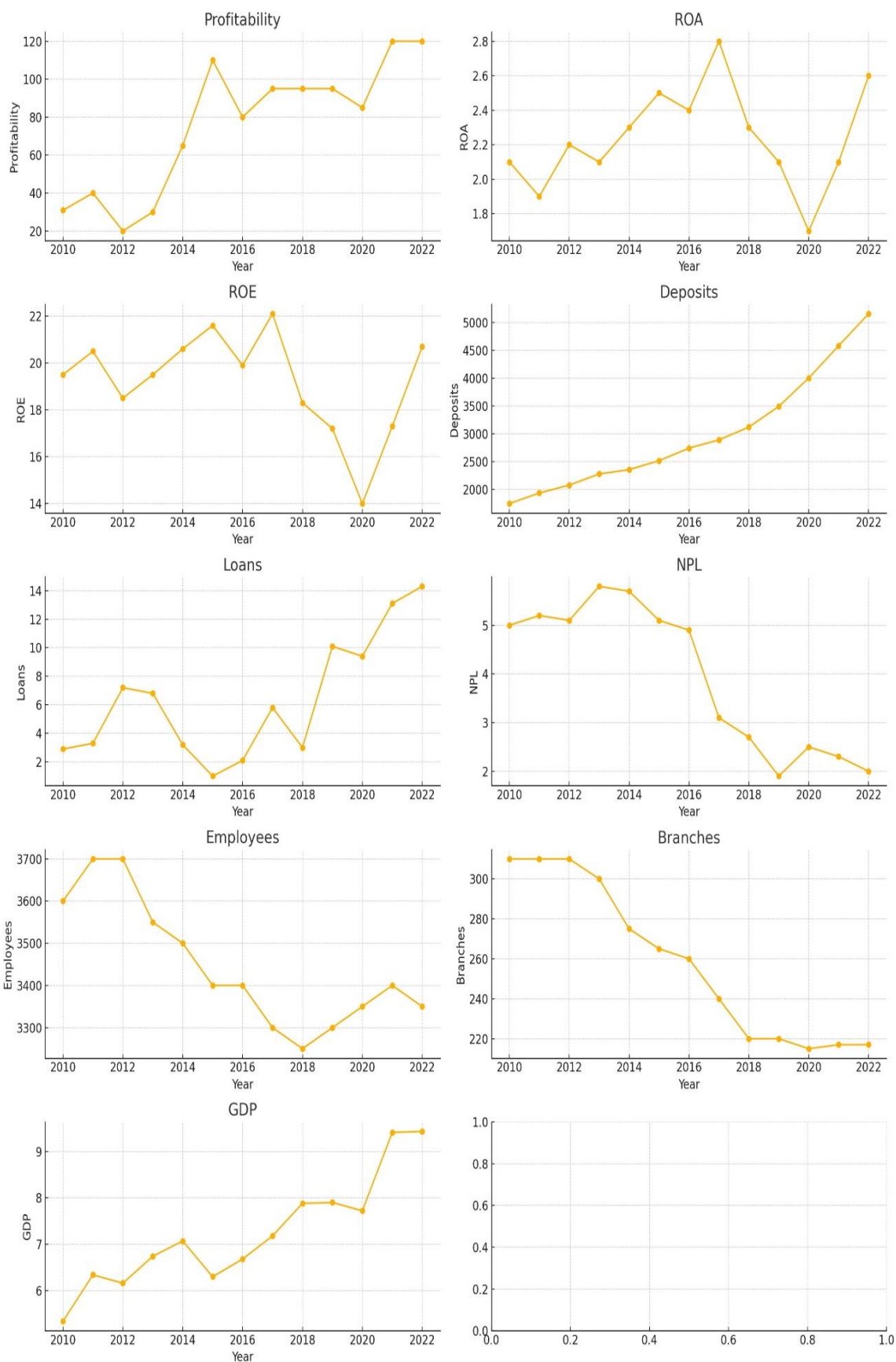
7 TREND ANALYSIS OF FINANCIAL INDICATORS

Trend analysis of financial indicators is a key tool for economists, analysts and investors, enabling them to understand and adapt to developments in financial history to better predict and manage the future. By focusing on historical revenue, expense, profitability, and market performance data, trend analysis describes underlying patterns and trends that influence financial behavior. This provides an in-depth perspective on the performance of a financial entity and allows stakeholders to make informed decisions and develop effective strategies. In conclusion, the importance of financial trend analysis lies in the ability to identify growth opportunities, assess risks and improve financial stability in various sectors and industries.

One of the most important breaks of trend analysis of financial indicators is the ability to predict and manage changes in the markets. Based on these data, this analysis can help us understand the dynamics of a banking system in Kosovo. This analysis Identify the upsides and downsides so we can learn from the opportunities and risks. In this way, trend analysis serves as a preventive tool to combat unpredictability and make smarter and more prepared stances in the world of finance.

Below we present the analysis of the Trend Analysis for the data from 2010 to 2022 for Profitability, ROE, Deposits, Loans, NPL, Employees, Branches.

Trend Analysis of Financial Indicators Over Years



From the analysis of the financial indicators' trends, it is evident that profit experienced significant fluctuations in 2014. Meanwhile, ROA remained stable over the years, showing little variation. ROE indicated a positive growth trend. Deposits showed continuous growth, while loans had a notable difference in 2014. Bank offices and branches exhibited a continuous downward trend.

These data provide insights into the financial system during this period. The increase in GDP and deposits indicates a positive trend for profit growth in this sector. Conversely, the decline in the number of workers suggests a shift towards exploring other efficiency measures.

8 CONCLUSION

The banking system in the Republic of Kosovo plays a crucial role in financing economic activities. Evaluating each financial indicator allows us to analyze how loans and deposits can positively affect the financial market. In recent years, banks have shown significant improvement in performance. Consequently, many banks, particularly local ones, have increased their deposit rates in response to liquidity shortages. Based on our findings, we conclude that increases in deposits lead to increase profitability, whereas increases in loans have a negative impact on profitability within the banking system.

The relatively limited improvement in number of loans compared to deposits is primarily because our research focused on the number of loans rather than their monetary value. However, a different approach could be explored by considering the reasons behind the loan application. Understanding these reasons could provide insights into how loans might positively impact the country's GDP in the long terms.

We also observed that Non-Performing Loans (NPLs) have a negative relationship with profitability. This could be attributed to banks taking on higher risks when borrowers do not have the money to pay the loans and get into difficult situations for paying the loan.

The reduction in the number of branches has negatively impacted the performance of banks due to increased expenses. However, the number of employees has contributed positively to performance, likely due to their enhanced productivity.

The ongoing digitization of services may render new branches unnecessary, as banking services can now be conducted efficiently through digital platforms.

REFERENCES

- [1] Abdixhiku, Besart, et al. «Determinants of Bank Profitability: Empirical Evidence from Kosovo.» *European Scientific Journal*, vol. 16, no. 4, 2020, pp. 1-18.
- [2] Ahmeti, Y., & Mazreku, I. (2020). Analysis of Financial Performance of the Banking System in Kosovo - 2014-2019 Period: Array. *Acta Universitatis Danubius. (Economica)*, 16 (2).
- [3] Allen, F., & Gale, D. (2000). Financial contagion. *Journal of Political Economy*, 108 (1), 1-33.
- [4] Antonio S, Serrano (2021). The impact of non-performing loans on bank lending in Europe: An empirical analysis.
- [5] Banerjee, R., Hazarika, I. (2014). Determinants of financial performance of commercial banks in Dubai, UAE—a CAMELS model analysis. In: *International Proceeding*.
- [6] Barth, J. R., Caprio Jr, G., & Levine, R. (2006). *Rethinking bank regulation: Till angels govern*. Cambridge University Press.
- [7] Brown, C., & Miller, D. (2019). «Financial Trends and Economic Stability: An Analytical Framework». *Journal of Economic Dynamics*, 25 (4), 210-225.
- [8] Brunnermeier, M. K. (2009). Deciphering the liquidity and credit crunch 2007-2008. *Journal of Economic perspectives*, 23 (1), 77-100.
- [9] Central Bank of the Republic of Kosovo (CBK) in <https://bqk-kos.org/?lang=en>.
- [10] Central Bank of the Republic of Kosovo. (2019). «Annual Report 2019». Retrieved from [Central Bank of the Republic of Kosovo website].
- [11] Czarnitzki, Dirk, and Kornelius Kraft. «Banking Sector Concentration and Economic Performance: Evidence from the Balkan Countries.» *Journal of Banking & Finance*, vol. 35, no. 8, 2011, pp. 1843-1855.
- [12] Diamond, D. W., & Rajan, R. G. (2001). Liquidity risk, liquidity creation, and financial fragility: A theory of banking. *Journal of political economy*, 109 (2), 287-327.
- [13] Durguti E, Aliu- Zhuja, Erëza Arifi (2014) - An Examination of the Net Interest Margin Aas Determinants of Banks' Profitability in the Kosovo Banking System.
- [14] Freixas, X., Parigi, B. M., & Rochet, J. C. (2000). Systemic risk, interbank relations, and liquidity provision by the central bank. *Journal of Money, Credit and Banking*, 32 (3), 611-638.
- [15] Halili, Blerim, et al. «Determinants of Bank Profitability: Evidence from the Balkan Region.» *International Journal of Financial Studies*, vol. 8, no. 2, 2020, pp. 1-15.
- [16] Hoxhaj, B., & Mustafa, B. (2016). «Macroeconomic Impact of Banking Sector on Economic Growth: Evidence from Kosovo». *Academic Journal of Business, Administration, Law and Social Sciences*, 2 (3), 145-153.

- [17] Johnson, E., Smith, F., & Williams, G. (2018). «Risk Management Strategies in Banking: A Comparative Analysis». *Journal of Banking Studies*, 7 (2), 45-60.
- [18] Kashyap, A. K., Rajan, R. G., & Stein, J. C. (2002). Banks as liquidity providers: An explanation for the coexistence of lending and deposit-taking. *Journal of Finance*, 57 (1), 33-73.
- [19] Kosovo Agency of Statistics (KAS) in <https://ask.rks-gov.net/>.
- [20] Kosovo Banking Association. (2021). «Annual Report 2021». Retrieved from [Kosovo Banking Association website].
- [21] Miftari, S., & Gashi, G. (2020). «Impact of Basel III Capital Requirements on the Banking Sector in Kosovo». *International Journal of Economics, Commerce and Management*, 8 (6), 298-313.
- [22] Mishkin, F. S. (2007). *The economics of money, banking, and financial markets*. Addison-Wes.
- [23] Mishkin, F. S. (2010). *The Economics of Money, Banking, and Financial Markets*. Pearson Education.
- [24] Mishkin, F. S., & Eakins, S. G. (2015). *Financial Markets and Institutions*. Pearson Education.
- [25] Moalla-Fetini, R. et al., (2005). *Kosovo: Gearing Policies toward Growth and Development*, IMF: International Monetary Fund. United States of America. Retrieved from <https://policycommons.net/artifacts/452735/kosovo/1425603/> on 07 Apr 2024. CID: 20.500.12592/qnnkj3.
- [26] Nuhui, A., Hoti, A., & Bektashi, M. (2017). Determinants of commercial banks profitability through analysis of financial performance indicators: evidence from Kosovo. *Business: Theory and Practice*, 18, 160-170.
- [27] Repullo, R., & Suarez, J. (2000). Entrepreneurial moral hazard and bank monitoring: A model of the credit channel. *European Economic Review*.
- [28] Smith, A., & Johnson, D. (2019). «The Macro-Financial Nexus: A Comprehensive Review». *Journal of Economic Perspectives*, 15 (2), 120-135.
- [29] Smith, A., & Jones, B. (2020). «Evaluating Financial Performance in Banking Institutions: A Holistic Approach». *Journal of Financial Perspectives*, 12 (3), 87-102.
- [30] Tabash, M.I., Dhankar, R.S. (2014). The impact of global financial crisis on the stability of Islamic banks: empirical evidence. *J. Islamic Bank. Financ.* 2 (1), 367–388.
- [31] Xhafaj, R., & Loku, A. (2018). «Banking System Stability and its Determinants in Kosovo». *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 8 (4), 389-402.
- [32] Zogjani, Jeton & Kovaci-Uruci, Fife, (2023). «History and development of the banking sector in Kosovo,» MPRA Paper 115930, University Library of Munich, Germany.

The effect of labour migration pre-departure training on performance of migrant workers: A case of Kenyan workers in United Arab Emirates

Kigen Cheruyot Vincent¹, Patrick Kasyula², Beatrice Warue², and Caleb Odhiambo Onjure²

¹Master of Public Policy and Administration Student, School of Business and Economics, Africa International University, Kenya

²Lecturer, School of Business and Economics, Africa International University, Kenya

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

ABSTRACT: Nearly 200 million people live in countries they are not citizens by birth. This is fueled by insecurity and human right violations, poverty and environmental degradation, economic disparities and absence of peace. Due to increased selective and varied migration policies, there is demand for migrants who are able to respond better to labour market needs and able to integrate easily with communities. This necessitates a need for training that improves worker competency and strengthens their capacity to deliver better services, which leads to continuing growth and development of the institutions they will be serving. The study sought to examine the effect of labour migration pre-departure training programs on the performance of Kenyan migrant workers' in UAE. Specifically the study was to establish the effect of cultural awareness training, language proficiency training, legal awareness training, and job specific skills training on migrant workers' performance. The study was anchored on Migration Systems Theory, Cross-Cultural Adaptation Theory, the Human Capital theory and the Role theory. This study employed a descriptive research design. The target population was 60,626 migrant workers in UAE and the sample size was 384 respondents. The study findings showed that pre-departure training programs of (cultural awareness, language proficiency, legal awareness and job specific skills training) have a significant and positive influence at (P value = 0.000) on performance of Kenyan migrant workers' in UAE thus improving their probabilities of enhanced results. The study recommends the policy makers to strategically put emphasis on the four pre-departure training programs (cultural awareness, language proficiency, legal awareness and job specific skills training) to further enhance performance of Kenyan migrant workers in the host countries.

KEYWORDS: cultural awareness, employee performance, job specific skills, labour migration, language proficiency, migrant worker, pre-departure training.

1 INTRODUCTION

1.1 BACKGROUND OF THE STUDY

The United Arab Emirate (UAE) has attracted a varied spectrum of professional and unskilled migrant workers from all over the world, including Kenya. Currently, Saudi Arabia is the leading beneficiary of migrant labour among the Gulf Cooperation Council (GCC) States, followed by the UAE, which has over 75% migrant workers (GLLM, 2022). There are not enough locals in the United Arab Emirates (UAE), which is made up of seven Emirates (Abu Dhabi, Dubai, Sharjah, Ajman, Umm Al-Quwain, Fujairah, and Ras Al Khaimah), to meet the need for labor. People migrate to the Emirates from a variety of nations, both Western and non-Western, as a result, creating a sizable migrant workforce. Based on World Bank data from 2019, the UAE is largely dependent on international workers to make up for its severe shortage of skilled local labor. A diverse spectrum of races, cultures, ethnicities, and languages are represented by the more than 85% of expatriates from over 100 different nationalities who make up the UAE's labor force.

Unemployment and underemployment are key development difficulties in Kenya, owing to fast population increase, slow economic growth, and labour market structural rigidity. These issues have prompted many Kenyans to look for work outside of their native country. The country's socioeconomic and environmental problems, together with the high unemployment rate, are the primary causes of migration. However, better opportunities for a higher pay, higher-quality education, and access to healthcare in destination nations are the pull factors for migration. It is now critical for Kenya and the region to handle migration in a secure, orderly, and regular manner due to the growing number of migrants and the possibility that this trend will continue in the future (Tum, 2019).

Nevertheless, working in a foreign land poses a significant challenge for immigrant workers, adding more pressure on them. Adapting to new cultures is essential. Migrant workers may encounter socio-cultural issues like establishing social connections with colleagues, dealing with competition and professional demands in the workplace, salary concerns, recognition, and feelings of disorientation and homesickness, which are common among those working abroad. The government has implemented pre-departure training policy program for migrant workers heading overseas as part of its efforts to reduce unemployment rates in these countries. (Kvist, 2012; Granskaya & Lizhenkova, 2015; Kirana, 2013).

Globally, the number of persons who live in a country other than their birthplace will increase from 258 million to 272 million in 2020 (US-DESA, 2017; IOM, 2020). Over the years, there has been a consistent rise in the number of migrants; in 2019, estimates nearly doubled from the 105 million recorded in 1985 and nearly quadrupled from the 75 million in 1965 (IOM, 2020; King, 2012). Significant demographic shifts are the result of the migrant population's continuous increase, which has started to surpass rates of population growth overall (United Nations & Department of Economic & Social Affairs, 2019). The specific industries and occupations affected get various options regarding worker employment and hence move to select the best-trained migrant workers. The endeavour demands that the practices employed in the workers' training be improved to meet the global labour demands (Dickmann & Baruch, 2011).

Developed countries, have the most advanced migrant workers' labour training practices, producing some of the best workers. The countries in those regions experience high performance when workers move from their original country to the other (Anderson, 2010). On the other hand, developing countries possess average and poor practices of migrant labour training, and hence their labourers are in lower demand when compared to those from developed countries (Dickmann & Baruch, 2011). Such issues affect the Kenyans who are moving out in search of work. Therefore, the problems about the quality of training attained by migrant workers in developing countries become serious, necessitating research on improving the employed practices and achieving the best experience for migrant workers, hence improving performance.

In a regional setting, the cultures and work environment are expected to be similar in many ways, with variations in certain areas. The differences occur in the culture, job environment, and regulations that control specified types of work. A study conducted by Gallotti (2015) affirms that a large share of domestic migrant workers in any particular country consists of people from the nearby region and mainly its neighboring countries. According to the Report on Labour Migration Statistics in Africa (2021) there were 20.2 million foreign migrants of working age in Africa in 2019 compared to 13.2 million in 2010. Overall, the average annual growth rate for migrant workers experienced an almost 5% increase from 2010 to 2019, and by 2019, 72% of migrants were actively participating in the labor market, according to report by International Organization for Migration (IOM, 2023). The workers are expected to have been trained on the culture, policies, and environment they will encounter while handling their work assignments in the host country.

Despite the close relationship and similarity between the regional countries, the countries differ significantly. Individuals who do not undergo pre-departure training before embarking on their work may experience failures, culture shocks, and adverse effects from the work environment for which they are unprepared (Aryal & Kharel, 2023). With the mentioned effects, the performance of the individual, when compared to those who underwent the training, is likely to reduce. Such scenarios ascertain how critical it is for migrant workers to be subjected to labour migration pre-departure training, directly impacting the migrants' performance.

The neighboring countries in a particular region possess the same quality of migrant training practices; hence, their labour markets are intertwined, and workers from the neighboring countries are preferred. When one moves to a neighboring country for work, they may not require much training. They may only need to understand what is expected of them in their assignments and the type of culture or environment they will be working in (Rodriguez & Schwenken, 2013). In most cases, workers moving to countries in their region sometimes fail to acquire reputable training, affecting their performance.

Over the past ten years, numerous migrant workers have been drawn to Middle Eastern nations in search of job prospects, with a particular focus on individuals from Kenya. Kenya has been an important trading hub for Gulf countries since before colonialism. The rising demand for unskilled labour in the Gulf has led to the hiring of workers in a wide range of businesses,

including hospitality, domestic work, and construction. According to a 2022 study conducted by the Kenyan Senate Standing Committee on Labour and Social Welfare, over 60626 Kenyan workers are employed in the United Arab Emirates (UAE), with the majority working as domestic workers (KIPPRA, 2023). It is estimated that 14 percent, or 24.1 million, of global migrant workers are hosted in the 12 Arab states of the Middle East (ILO, 2020). This demographic includes Kenyan workers who relocate in quest of better career prospects and higher wages due to limited employment options in their home country. To protect the rights of international migrants, the International Labour Organisation (ILO) has established a variety of employment standards, including the prohibition of forced labour, the provision of safe and healthy working conditions, and the eradication of discriminatory practices. Kenyan domestic workers in the Middle East usually endure poor working circumstances notwithstanding these conventions. One of these circumstances is working excessively long hours—up to 60 hours a week—beyond the minimum 48 hours required by the ILO. Furthermore, they face harassment, sexual exploitation, assault, insufficient responsiveness to distress instances, and limited communication chances (KIPPRA, 2023).

In the Kenyan labour market, job seekers planning to work outside the country are expected to undergo labour migration pre-departure training before engaging in any assignment about their field of work. During the recruitment stage, what occurs strongly influences whether the migrant worker will have a negative or positive employment experience in the international state (IOM, 2023). The level and quality of training that one attains before they can work in a foreign country contributes if they will enjoy decent and fair work outside Kenya, have increased exposure to exploitation and abuse risks, or succeed or fail in the task they will be assigned during their work progress. Through the recruitment stage, the training quality also determines the level of labour migration experience (Andrees *et al.*, 2015). It offers an opportunity for the expat to acquire job skills, gain upfront experience in varying cultures, and learn survival tactics in the work environment. In the labour migration cycle, the government of Kenya advises using information programs to promote acceptable recruitment and engage in ethical migration labour practices from the origin to the destination countries.

In the recent regulation that offers room for migrant workers to gain exposure and expertise before entering Kenya or leaving for work in another country, various initiatives are provided, entailing pre-departure information to Kenyan migrant workers (Labour Migration Management Bill, 2023). In the process, the incorporated feedback mechanisms are considered, where nationals report about their recruitment experience before embarking on their tasks inside or outside the country (Ministry of Labour and Social Protection, 2023).

The approaches employed happen through pre-departure training that may occur in predetermined places or online on the provided web pages. In the endeavor, the country can determine the patriates who comply with the procedures and regulations required in the country's labor market.

The approaches applied in enabling effective labour migration pre-departure training and the pertinent factors will be prioritized, with close attention given to the existing literature to inform on the research question and the study relevance (Aryal & Kharel, 2023). Similarly, a hypothesis that 'better practices of labour migration pre-departure training improve the performance of migrant workers' was applied to justify the study and deeply investigate the pertinent study questions, providing a critical overview and analysis of the topic (Aryal & Kharel, 2023). Through the study, the existing practices on labour pre-departure training will be outlined, and pertinent problems will be traced, leading to the formation of conclusions and recommendations.

Performance generally refers to the execution or accomplishment of tasks, duties, or functions by an individual, group, organization, or system (Gerrit & Abdelhamid, 2010). Various indicators, such as their employment, income, productivity, skills, career development, job satisfaction, well-being, integration, and contribution to the host and origin countries, can measure the performance of migrant workers. The performance of migrant workers can be influenced by various factors, such as their characteristics, motivations, aspirations, and capabilities, as well as the conditions, opportunities, and challenges that they face in the host country, such as the migration policies, labour market structures, workplace environments, social norms, cultural values, and support systems.

Education, skills, experience, language proficiency, and motivation significantly impact performance. Migrant workers with higher education and relevant skills tend to exhibit better performance, while language barriers and lack of experience can pose challenges (Chiswick, 2014; Black *et al.*, 2011). Access to language training, legal awareness programs, childcare services, and healthcare can directly improve well-being and indirectly enhance performance by reducing anxieties and facilitating focus on work (Hatton & Williamson, 2010; Triloki *et al.*, 2016). Job-specific skills training, access to legal awareness programs, and supportive workplace environments can positively influence job satisfaction and retention. Empowerment through knowledge of rights and access to resources can lead to increased engagement and longer stays in jobs (IOM, 2017; Black *et al.*, 2011).

Policy and regulatory framework are another factor on migrant workers; Labor laws, migration policies, and social security systems can influence job security, access to benefits, and opportunities for advancement, impacting overall performance and

contribution to the host economy (Black *et al.*, 2011; Portes, 2013). Gammeltoft-Hansen (2012) examines the policy implications of migration, emphasizing the importance of regulatory frameworks that protect migrants' rights and promote their integration. OECD (2019) offers insights into policy considerations related to labour migration, addressing issues such as regularization, visa regimes, and pathways to citizenship.

Kraimer and Wayne (2004) identified nine variables for measuring migrant performance. This includes meeting job objectives, overall job performance, performance standards, technical competence, meeting specific job responsibilities, interacting with coworkers in the host country, developing relationships with key business contacts in the host country, adapting to the foreign facility's business customs and norms, and interacting with coworkers from various cultural backgrounds. The study will evaluate migrant performance based on achieving workplace goals, meeting performance standards, carrying out specific job responsibilities, and interacting with coworkers in the host country.

Kenya, a developing country, faces a number of challenges, including high unemployment rates, according to the Kenya National Bureau of Statistics (CPII, 2019). Kenya's unemployment rate has changed over the years, averaging 8.98 percent from 1991 to 2022. The highest recorded unemployment rate was 12.20 percent in the fourth quarter of 2009, while the lowest was 4.70% in the second quarter of 2019 (KNBS, 2019).

Ordinarily, Kenyans are less likely to be among the irregular regional and global immigrants. Most of the witnessed Kenyan immigrants are skilled workers who travel with visas and academic/professional documents to look for work outside the country. Those who move outside the country sometimes fail to renew their documents and become temporary immigrant workers in their assigned countries (Ombaire, 2016).

Regarding the Kenyan migrant workers' demographics, most are young, low or medium-skilled workers who move and concentrate in specified destinations and labour sectors. Many factors are linked to the Kenyan movement outside the country for work, including the unavailability of economic opportunities and poor lifestyles. Similarly, political tensions, natural disasters, and conflicts result in people migrating from Kenya to other countries to become migrant workers (Braithwaite & Pyakurel, 2020). Due to the possibility of Kenyans moving out of the country more regularly than before, initiatives are on the way to enable labour pre-departure training to improve their performance.

Pre-departure training is conducted by a combination of different government departments and various organizations, depending on the specific circumstances. Among the top most departments are the Ministry of Labour and Social Protection through NITA and NEA, which plays a key role in providing pre-departure training, especially for technical and vocational skills. They develop and deliver training programs based on the specific needs of the destination country and the worker's intended occupation. International Organization for Migration (IOM) while not directly delivering training in all cases, IOM provides technical assistance and support to the Kenyan government in developing and implementing pre-departure training programs. They also offer pre-departure orientations and, in specific cases, language training for migrants.

1.2 STATEMENT OF THE PROBLEM

Training is said to have significant impact on employee behaviour, performance, attitude, and productivity (Cherian *et al.*, 2021). One important area is Labour migration pre-departure training which is essential in determining expatriates' performance levels in their assigned work in a foreign country. In countries where migrant workers do not get effective pre-departure training, the individuals are likely to undergo adverse effects that deter them from tackling their assignments as expected (Venkataiah, 2022). In their study, Shay and Tracey (2007) explored the causes of migrant failure and proposed a training program as a solution. The study identified the migrant adjustment process as the main factor contributing to non-performance. Additionally, Shay and Tracey analyzed the desirable qualities of expatriates, highlighting people skills and adaptability as crucial attributes. This emphasizes the significance of considering the adjustment process when hiring expatriates. Recognizing the importance of successful adjustment and the risks associated with migrant failures, the Kenyan government has implemented a mandatory training program for migrants prior to their departure. Through the courses offered by this program, participants can become more used to the customs and culture of the host nation, improve their language abilities, and gain knowledge that will help them adjust to life overseas more easily. Despite the extensive research conducted on different aspects of pre-departure training for labour migration, there remains a gap on its influence on labor migration performance. Despite the substantial resources allocated to pre-departure training initiatives by esteemed organizations like the National Industrial Training Authority (NITA), the Ministry of Labour, and the International Organization for Migration (IOM), Kenyan migrant workers still encounter rampant exploitation and abuse in their destination nations.

International Labour Organization (ILO) report (2021) highlights that 47% of Kenyan migrant workers in the Gulf Cooperation Council (GCC) countries are employed in domestic work, often face challenging working conditions due the

deficiencies in skills (ILO, 2021). This scenario, is sadly repeated in numerous cases, raises critical questions about the efficacy and effects of current pre-departure training. The persistence of these problems despite ongoing training efforts suggests a significant gap between the intended outcomes of pre-departure training and the realities faced by Kenyan migrant workers.

A comprehensive investigation into the impact of pre-departure training is crucial to identify the root causes of this problem. This investigation can help restructure existing training programs, allocate resources more effectively, and develop robust support systems to ensure the protection and well-being of Kenyan migrant workers abroad. In light of this, the study aims to determine how Kenyan migrant workers' performance is affected by pre-departure labor migration training.

1.3 GENERAL OBJECTIVE

To determine the effect of labour migration pre-departure training on the performance of Kenyan migrant workers in the UAE.

1.4 SPECIFIC OBJECTIVES

- To establish the effect of cultural awareness training on performance of Kenyan migrant workers
- To evaluate the effect of language proficiency training on performance of Kenyan migrant workers
- To explore the effect of legal awareness training on performance of Kenyan migrant workers
- To examine the effect of job specific skills training on performance of Kenyan migrant workers

1.5 RESEARCH QUESTIONS

- What is the effect of foreign cultural awareness training on performance of Kenyan migrant workers?
- What is the effect of language proficiency training on the performance of Kenyan migrant workers?
- What is the effect of legal awareness training on the performance of Kenyan migrant workers?
- What is the effect of the acquired job-specific skills on the performance of Kenyan migrant workers?

2 LITERATURE REVIEW

2.1 MIGRATION SYSTEMS THEORY (MST)

The theory was developed by Saskia Sassen in 2010 and improved by Alejandro Portes in 2013. The migration systems theory moves beyond individualistic explanations, highlighting the interconnectedness of sending and receiving societies, and emphasizing the role of networks, institutions, and power relations in shaping migration flows and outcomes (Portes, 2013; Sassen, 2010). The MST offers a powerful framework for understanding the dynamic and complex phenomenon of labor migration. MST emphasizes the cyclical nature of labor migration, where migrants move back and forth between sending and receiving countries, maintaining ties and transferring resources across borders. This circularity influences social and economic development in both societies (De Haas, 2006). MST acknowledges the role of power dynamics and inequalities in shaping migration processes. This includes exploitation by employers, unequal access to resources and rights, and the influence of global capitalism on labor flows (Portes, 2013).

The migration systems theory proposes that migration is not a one-way or one-time process, but rather a circular and cumulative one, in which each component influences and is influenced by the others over time and space. Migration can create positive or negative feedback loops that reinforce or reduce the migration dynamics within a system. Migration can also generate changes and transformations in the components of a system, such as demographic, economic, social, cultural, or political ones (Massey, & Taylor, 2014). Pre-departure training programs can be viewed through the lens of MST in several ways; MST acknowledges the agency of migrants in shaping their experiences. Training programs can foster critical understanding of power dynamics and inequalities, empowering migrants to make informed choices and navigate challenges more effectively (McCall & Taniguchi, 2014). By providing knowledge about labour laws, legal rights, and social services in the destination country, training can empower migrants to navigate institutional complexities and assert their rights (IOM, 2017).

This theory can sometimes fall short in capturing the complexities and internal power dynamics within social networks, potentially overlooking potential risks associated with certain connections (Fine, 2002). In conclusion, MST provides a valuable lens for understanding labour migration complexities, highlighting the interplay of networks, institutions, and power relations. By incorporating its insights into pre-departure training programs, we can empower migrants with knowledge, skills, and networks to navigate challenges, assert their rights, and achieve improved outcomes in their journeys. It's crucial to address

the limitations of MST through critical contextualization, incorporating individual agency considerations, and continuously refining training programs based on specific migration contexts and evolving dynamics.

Migration systems theory is relevant to labour migration pre-departure training variable since it provides a valuable framework for studying migration by viewing it as a result of both aspirations and the ability to migrate within specific perceived geographical opportunities. This perspective highlights the idea that both moving and staying put is interconnected aspects of migration agency, emphasizing that human mobility involves the freedom to choose where to reside, including the choice to remain in one place. By adopting this theory, we can gain insight into the intricate and sometimes unexpected ways in which social changes and development influence migration patterns, allowing us to analyze various forms of migratory movements within a unified conceptual framework.

2.2 CROSS-CULTURAL ADAPTATION THEORY

Yun Kim, the proponent of this theory, proposed that adopting a new culture when encountered stimulates the development of new perspectives, allowing individuals to become multicultural (Kim, 2017). According to the argument, every human experience is consistent as they move from one cultural environment to another. Improving the ability to manage the anxiety associated with uncertainty and ambiguity in a new cultural situation can lead to greater cultural adaptation. Culturally sharp employees have the potential to excel by virtue of their ability to adjust to unfamiliar cultural environments (Kumar, Rose and Subramaniam, 2008).

This hypothesis provides useful insight into the impact of cultural intelligence on employee performance. It emphasizes the significance of successfully adjusting to a new environment by learning new cultural communication methods, becoming culturally conscious, and being willing to let go of old patterns. By effectively adapting to the local culture, individuals can reduce strain and stress, ultimately leading to improved employee performance (Ramalu *et al.*, 2010). Individuals who possess a high level of cultural intelligence are anticipated to excel in their professional roles due to their enhanced ability to adjust to unfamiliar cultural environments.

The theory holds significance in this study as it aims to validate the principle that the improvement of cultural intelligence directly enhances an individual's success or performance. The theory is significant to the construct of cultural awareness as it aims to validate the principle that the improvement of cultural intelligence directly enhances an individual's success or performance.

2.3 HUMAN CAPITAL THEORY

This idea, championed by economists Gary Becker and Jacob Mincer, asserts that individuals' skills, knowledge, and abilities (together referred to as human capital) have a major impact on their productivity, incomes, and career prospects (Becker 1964; Mincer 1974). Human capital theory is an economic and social idea that sees persons as investments in human capital, akin to investments in physical capital like machinery or infrastructure. The theory suggests that education, training, and health are forms of capital that contribute to an individual's productivity and economic success in the labour market.

Schultz (1961) further emphasized the role of education in developing human capital, arguing that it not only increases an individual's productivity but also contributes to societal progress. The theory has influenced policy discussions, guiding interventions to improve education, and training programs, emphasizing the importance of a skilled and healthy workforce in fostering economic development. In the context of labor migration, language proficiency can be viewed as investments in migrants' human capital, potentially enhancing their performance in the destination country. Language proficiency can equip migrants with the technical skills and knowledge required for specific jobs in the destination country (IOM, 2017).

Strong language skills are crucial for effective communication in the workplace, building relationships, and navigating daily life. Pre-departure training can provide essential language instruction, improving migrants' fluency and comprehension in the destination country's language (Skeldon, 2008; Chiswick, 2014). Migrants with relevant skills and knowledge are likely to be more productive and efficient in their jobs, making them valuable assets to employers (Carrington & Detragiache, 2009; Dustmann & Okten, 2014). Improved human capital can lead to better job opportunities and higher wages for migrant workers. Human capital theory is relevant to the variable of language proficiency because it establishes a crucial connection between training and performance, highlighting the importance of investing in human capital. Language holds economic value and possesses attributes such as value, utility, cost, and benefit, making it an essential tool for individuals. Language learning, particularly the acquisition of foreign languages, plays a significant role in the investment of human capital. Language is important economically because it directly affects human capital. Employees gain human capital by learning new things, staying

healthy, and reaching higher educational levels. As a result, language learners' skill levels will differ if they devote their language learning time to other activities.

Human capital theory is relevant to the variable of language proficiency because it establishes a crucial connection between training and performance, highlighting the importance of investing in human capital. Language holds economic value and possesses attributes such as value, utility, cost, and benefit, making it an essential tool for individuals.

2.4 THE ROLE THEORY

Katz and Kahn (1966) proposed this theory, suggesting that an individual's roles in the workplace and other settings are interconnected, with role performance being influenced by the surrounding circumstances. The organization's context, management's direction, and employees' skills, competences, attitude, and personalities all play a crucial role in achieving the company's goals. According to Armstrong, roles determine the responsibilities of individuals in fulfilling their job descriptions, guiding their behaviors, and outlining the expected results. HR practitioners must consider these roles when creating job descriptions to improve employee performance within the organization.

Armstrong (2011) emphasizes the importance of clearly defining roles to guide employees' behavior in specific tasks. It is crucial to ensure that only capable individuals are assigned to tasks, thus avoiding conflicting roles and minimizing stress among employees. This theory offers the advantage of clarifying the specific roles each individual should fulfill, thereby preventing incompatibilities, stress, and conflicts among employees. Managers and HR professionals can successfully prevent role ambiguities and conflicting obligations at all organizational levels by putting this strategy into practice. Nevertheless, this theory fails to acknowledge the advantages of collective responsibility. In situations where an individual employee struggles to fulfill their duties, it is essential for other team members to step in and offer support. Additionally, the theory overlooks the importance of fostering cohesion among employees. By collaborating and aiding one another, organizations can cultivate harmony, peace, and positive relationships. Unfortunately, this theory discourages such forms of cooperation.

Role theory is relevant to Job Specific Skills Training due to the fact that once individuals acquire specific skills, their behavior is influenced by the social roles they occupy. This offers insights into how their behavior is perceived by others based on these roles. These roles not only impact how individuals act and perceive themselves, but also how others perceive their behavior. Understanding the roles individuals play and the behavioral expectations associated with these roles allows for a better comprehension and prediction of individual behavior. These roles are essentially seen as regulations that dictate societal norms and behavioral expectations for role occupants, who are typically unable to alter or evade these regulations. This viewpoint serves as a valuable tool in comprehending how expectations linked to widely accepted social roles, such as gender or race, impact significant outcomes for individuals.

2.5 EXPECTANCY THEORY

Victor Vroom proposed expectation theory, a motivational theory, in 1964. According to Vroom's expectation theory, humans make deliberate decisions to maximise pleasure while avoiding pain, which influences their behaviour. Vroom recognised that an employee's success is influenced by a number of individual factors, such as personality, skills, knowledge, experience, and capacity. He maintained that an individual's motivation is tied to and influences his or her effort and performance. To explain this, Vroom introduced the ideas of Expectancy, Instrumentality, and Valence (Pinder 1987).

Expectancy is the assumption that increasing effort will result in better results. In other words, if an employee makes more effort, their performance will improve. This belief is influenced by factors such as having the necessary resources, possessing the required skills for the job, and receiving adequate support to accomplish the tasks (e.g., supervisor support or accurate job-related information).

Instrumentality refers to the belief that if one performs well, they will receive a desired outcome. It is the extent to which achieving a first-level outcome will lead to a second-level outcome. In other words, if an employee does a commendable job, there will be something beneficial for them. This belief is influenced by various aspects, including a clear knowledge of the relationship between performance and outcomes, trust in the decision-makers in charge of assigning outcomes, and transparency in the decision-making process.

Valence, on the other hand, refers to the importance that individual places on the expected outcome. To have positive valence, the person must prefer having the outcome over not obtaining it. For example, if an employee is primarily driven by cash benefits, offers of extended time off may be less valuable to them.

2.6 CONCEPTUAL FRAMEWORK

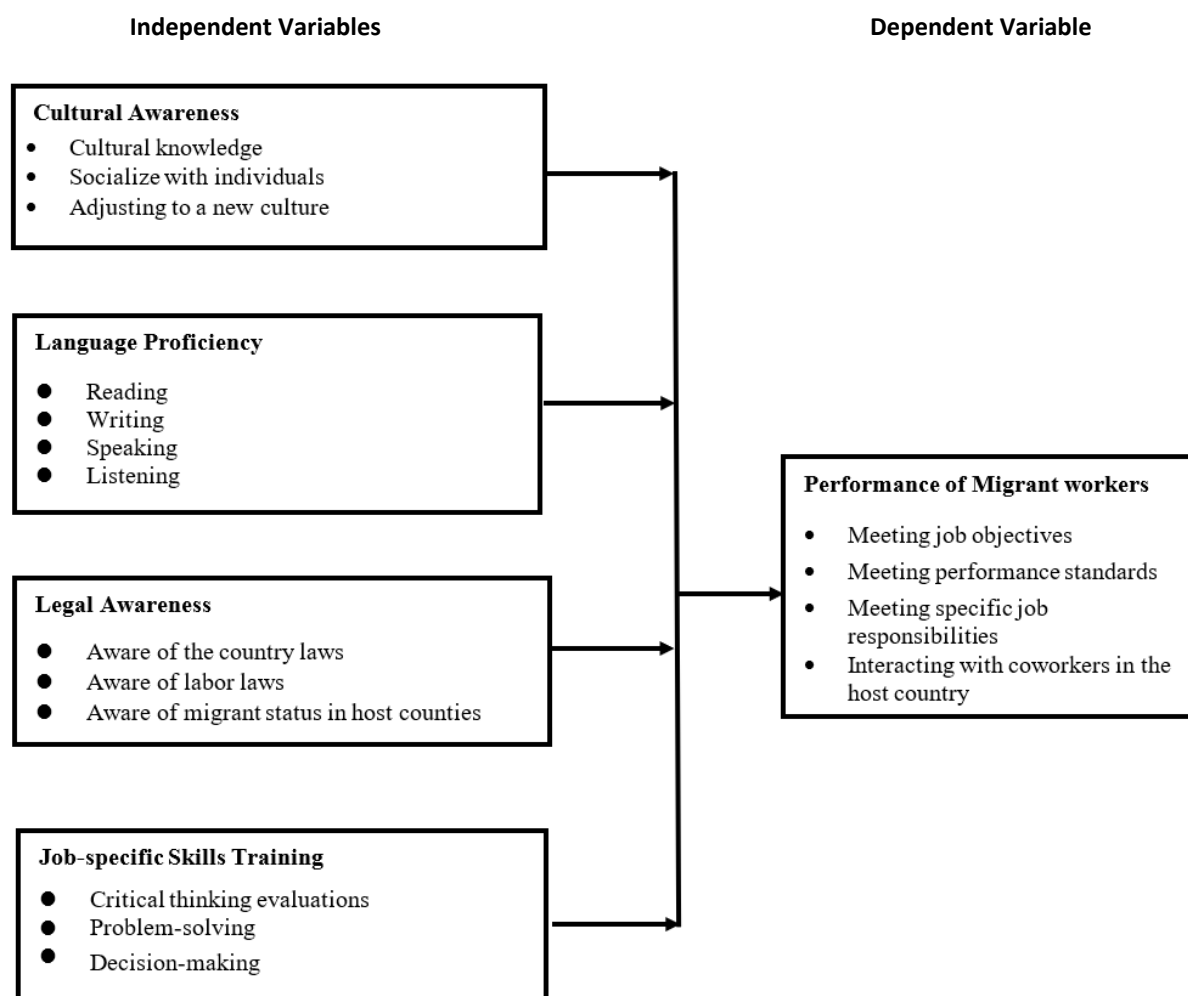


Fig. 1. Conceptual Framework

Source: Author, 2024

3 RESEARCH METHODOLOGY

3.1 RESEARCH DESIGN

According to Bell *et al.*, (2018), a research design is the conceptual framework that directs the gathering, measuring, and analyzing of data. In this study, a descriptive research design was used. According to Saunders *et al.*, (2016), descriptive design provides a quantitative description of population trends and opinions, as well as attitudes, by analysing a sample of the population. The design made it easier to learn more about how labour migration pre-departure training affects the performance of Kenyan migrant workers.

3.2 TARGET POPULATION

The target population refers to the total elements that encompass the desired information sought by the researcher (Orodho & kombo, 2005). The target population of the study were migrant workers who have been registered by Kenyan government and successfully moved to United Arab Emirates seeking employment or engaging in work-related activities. The Kenyan Senate Standing Committee on Labour and Social Welfare reports that about 60626 Kenyan workers are in the United Arab Emirates (KIPPR, 2023).

Table 1. Target Population

Category	Number
Nurses	1,596
Electricians	2,610
Chefs	1,808
Waiters	3,268
Plumbers	2,192
Security	11,648
Drivers	4,512
Live Guards	1,670
Care Givers	7,500
Domestic Workers	16,342
Cleaners	4,200
Cooks	3,280
Total	60,626

Source: Author, 2024

3.3 SAMPLING DESIGN AND SAMPLE SIZE

A sampling design refers to a specific strategy for selecting a sample from a particular population. It encompasses the techniques and procedures that a researcher would employ to choose items for the sample (Kothari, 2004). According to the 2024 NEA records, there are a total of 60626 migrant employees from Kenya working in the UAE. However, conducting a research study on this entire population by distributing questionnaires is a challenging, costly, time-consuming, and ineffective task. Therefore, it is necessary to utilize a study sample. The formula proposed by Mugenda & Mugenda (2010) was employed to ascertain the suitable number of respondents for this study.

$$n = \frac{Zpq}{d^2}$$

n = samples required.

Z= Z score with the required degree of confidence

P= the target population proportion to exhibit specific attributes being measured

q= 1-p

d= Established level of statistical significance of 5%

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.50) (0.50)}{(0.50)^2} = 384$$

Proportionate sampling was used to distribute sample. This is a type sampling where cases are selected in the proportions seen in the general population from particular categories. The sample was evenly distributed across strata using Pedhazur and Schmelkins' (1991) formula:

$$R = \frac{cXS}{p}$$

Where;

r is the participant required from a stratum

c is the stratum population

s is the desired size (384)

p is the population (60626)

Table 2. Sample Size

Category	Population	Sample $R = CXS/p$	Percent
Nurses	1596	10	2.9
Electricians	2610	17	4.4
Chefs	1808	12	3.1
Waiters	3268	20	5.2
Plumbers	2192	14	3.6
Security	11648	73	19.3
Drivers	4512	28	7.3
Live Guards	1670	11	2.9
Care Givers	7500	47	12.2
Domestic Workers	16342	103	26.8
Cleaners	4200	27	7
Cooks	3280	21	5.5
Total	60626	384	100

Source: Author, 2024

3.4 DATA COLLECTION INSTRUMENTS

The delivery of structured questionnaires was used to collect data in this research. According to Cooper and Schindler (2014), the vast majority of respondents naturally fill out questionnaires, which are practical, easy to use in research, lessen tendencies, and are seen as less inquisitive. The questionnaires had five sections. One section was used to collect demographic information while the other four sections for data regarding the study objectives in likert scale. The data collection instruments were administered through face-to-face to Kenyan employees seeking a return tour of duty at the UAE because every Kenyan employees seeking a return tour of duty at the UAE are expected to report to the NEA.

3.5 DATA COLLECTION PROCEDURES

Data collection began upon receipt of an introduction letter from Africa International University and a research licence from the NACOSTI. The NEA's consent to gather data from respondents will also be requested. To extract information from respondents, the researcher addressed the goal of the study and alleviated any concerns by ensuring them that the data was only to be utilized for scholarly purposes. The structured questionnaires were administered to the returning Kenyan workers who have returned from their tour of duty and are seeking a return tour of duty at the United Arab Emirates. The study therefore largely relied on the NEA list of applicants renewing their work permit at the NEA and physically visiting the NEA offices at Kasarani headquarters. Researcher administered the questionnaire in the financial year 2024 within the month of May.

3.6 RESPONSE RATE

The researcher distributed a total of 384 questionnaires, and out of those, 214 questionnaires were completed and returned by the participants.

Table 3. Questionnaire Return Rate

Category	Respondents	Percentage
Response Rate	214	56
Non-Response Rate	170	44
Total	384	100

Source: Author, 2024

Out of 384 questionnaires issued to respondents, 214 questionnaires were duly filled correctly and returned for analysis. This resulted in a response rate of 56%, as indicated in table 3. This response rate meets the acceptable criteria, as stated by

Mugenda and Mugenda (2003), where a 50% response rate is considered sufficient for data analysis. The number of responses received was satisfactory for the analysis, as it met the recommended threshold.

3.7 RELIABILITY OF THE INSTRUMENT

The reliability of the data collection instrument was examined using data from the pilot study's questionnaires. The Cronbach alpha was computed to verify the internal consistency of the questionnaires. A Cronbach alpha coefficient of more than 0.7 was considered to indicate high consistency and acceptable for use (Mugenda and Mugenda, 2013).

Table 4. Reliability analysis

Variable	Items	Cronbach Alpha	Conclusion
Cultural Awareness	4	0.874	Scale Reliable
Language Proficiency	4	0.801	Scale Reliable
Legal Awareness	4	0.790	Scale Reliable
Job Specific Skills	4	0.853	Scale Reliable
Migrant Workers' Performance	4	0.789	Scale Reliable
Overall reliability	20	0.821	Instrument Reliable

Source: Author, 2024

The outcomes from the table show that the cronbach alpha for all variables was more than the minimum required coefficient of 0.7. The data collection instrument exhibited a high level of internal consistency and was thus suitable for us.

3.8 DESCRIPTIVE STATISTICS

Descriptive statistics were utilized to analyze the data gathered from research participants regarding the five variables that formed the foundation of the study. The outcomes are discussed in the following sections.

3.8.1 CULTURAL AWARENESS AND MIGRANT WORKERS' PERFORMANCE

The first objective of the study was to establish the effect of cultural awareness on migrant workers' performance. The findings are presented in table 5 below.

Table 5. Cultural Awareness and Migrant Workers' Performance

Statement	N	Mean	SD
I am clearly aware of cultural knowledge and I utilize this knowledge when associating with individuals with varying cultural backgrounds	214	3.84	.989
I utilize my cultural knowledge when socializing with individuals who have different cultural backgrounds from mine.	214	3.92	.983
Adjusting to a new culture is crucial undertaking for enabling me to be productive in my host country	214	4.11	.689
I change my verbal behavior (e.g. tone, accent) when a cross-cultural interaction requires it	214	4.05	.728
Overall		3.98	0.845

Source: Author, 2024

From the research outcomes, the respondents agreed that they are clearly aware of cultural knowledge and researcher will utilize this knowledge when associating with individuals with varying cultural background with an average of 3.84 and a Std deviation of .989. The findings revealed that respondents utilize their cultural knowledge when socializing with individuals who have different cultural backgrounds from them with an average of 3.92 and a Std deviation of .689. On whether adjusting to a new culture is crucial undertaking for enabling them to be productive in their host country majority of respondents agreed with an average of 4.11 and a std deviation of .689. The participants agreed that they change their verbal behavior (e.g. tone, accent) when a cross-cultural interaction requires it with an average of 4.05 and a std deviation of .728.

The overall average on effect of cultural awareness on performance was 3.87 indicating that Cultural Awareness had a significant effect on performance of migrant workers. The findings are in agreement with study done by Morris (2023) on the

role of management and cultural diversity in the workplace which concluded that cultural diversity has the potential to enhance business performance through the introduction of creativity, innovation, and other advantageous factors. It is essential for management to develop strategies that foster tolerance, acceptance, and respect towards cultural diversity.

3.8.2 LANGUAGE PROFICIENCY AND MIGRANT WORKERS' PERFORMANCE

The second objective was to evaluate the effect of language proficiency on migrant workers' performance. The descriptive analysis results are presented in table 6.

Table 6. Language Proficiency and Migrant Workers' Performance

Statement	N	Mean	SD
The usage of Reading skills as language proficiency generally works in performance	214	4.23	.751
For Tasks to be completed efficiently and effectively it all depends on the Writing skills I possess as a migrant	214	3.90	.936
To adhere to Delivery standards it requires fluency Speaking in English and partly Arabic with superiors in the organization or institution I am working in	214	3.85	1.031
Sometimes the handling of Complexity of a situation in the host country requires the Listening skills	214	4.09	.693
Overall mean		4.02	0.853

Source: Author, 2024

As per results above, respondents agreed that overall, the usage of Reading skills as language proficiency generally works in performance with an average of 4.23 and a std deviation of .751. Respondents indicated that for tasks to be completed efficiently and effectively it all depends on the Writing skills they possess as migrants with an average of 3.90 and a std deviation of .936. On whether to adhere to Delivery standards it requires fluency speaking in English and partly Arabic with superiors in the organization or institution they are working in, the average score was 3.85 and a std deviation of 1.031. The respondents indicated that Sometimes the handling of Complexity of a situation in the host country requires the Listening skills with an average of 4.09 values them and a std deviation of .963.

The overall mean score on language proficiency and migrant workers' performance was 4.02, showing that language proficiency has a strong and significant influence on migrant workers' performance. The findings concur with those of Hans (2023) on the association between language competency and employment level among migrants in the Netherlands who revealed that higher levels of Dutch language proficiency were associated with improved job satisfaction and career opportunities, particularly among male workers. The study indicated that migrants' language skills may have an impact on their job prospects. It is worth mentioning that the most well researched association is that between language proficiency and incomes, as language abilities are seen as a component of an individual's human capital.

3.8.3 LEGAL AWARENESS AND MIGRANT WORKERS' PERFORMANCE

The study also aimed to explore the effect of legal awareness on migrant workers' performance. The results of descriptive analysis are presented in table 7.

Table 7. Legal Awareness and Migrant Workers' Performance

Statement	N	Mean	SD
Understanding service to be rendered requires being Aware of the host country laws	214	3.92	.906
All individuals aspiring to be team leaders and team members need to take pre departure training to be aware of labor laws in order to work properly	214	3.72	1.101
The developed training content offered take pre departure training facilitates my being aware of migrant status in host counties	214	4.23	.741
I'm motivated in getting more involved in host county matters outside my job because of the pre departure training I received	214	3.98	.948
Overall		3.96	0.924

Source: Author, 2024

Table 7 reveals that Understanding service to be rendered requires being aware of the host country laws with an average of 3.92 and a std deviation of .906. Participants indicated that all individuals aspiring to be team leaders and team members need to take pre departure training to be aware of labor laws in order to work properly with an average of 3.72 and a std deviation of 1.101. Further, the respondents indicated that the developed training content offered take pre departure training facilitates them being aware of migrant status in host counties with an average of 4.23 and a std deviation of .741. As to whether they are motivated in getting more involved in host county matters outside their job because of the pre departure training they received, respondents agreed with an average of 3.98 and a std deviation of .948.

The overall mean score on Legal Awareness and Migrant Workers' Performance was 3.96 signifying that Legal Awareness has a positive and significant influence on Migrant Workers' Performance. The outcomes of the study is supported with study done by Kartini et al (2022) on the impact of Labor Law on minority immigrants whose study's conclusions showed that there are laws in place that address the rights of employees, particularly immigrant workers, which are sufficient in safeguarding their well-being.

3.8.4 JOB SPECIFIC SKILLS TRAINING AND MIGRANT WORKERS' PERFORMANCE

The final objective of the study was to examine the effect of job specific skills training on migrant workers' performance. The outcomes of the descriptive analysis are presented in table 8.

Table 8. Job Specific Skills Training and Migrant Workers' Performance

Statement	N	Mean	SD
With Problem-solving skills, I have the ability to analyze, identify root causes, and propose effective solutions.	214	3.89	.931
Soft skills are crucial to the success of performance	214	4.12	.628
Decision-making skills acquired from pre departure training helps in detecting problems and making decisions resulting to successful service delivery	214	4.26	.739
Feedback and Satisfaction helps us ensure that tasks are done in time	214	4.02	.850
Overall		4.07	0.787

Source: Author, (2024)

Findings from table 8 show that the majority of the respondents agreed that with problem-solving skills, they have the ability to analyze, identify root causes, and propose effective solutions. As shown with an average of 3.89 and a std deviation of .931. Further, respondents indicated that their Soft skills are crucial to the success of performance as supported with an average of 4.12 and a std deviation of .628. As to whether the decision-making skills acquired from pre departure training helps in detecting problems and making decisions resulting to successful service delivery, majority of the respondents agreed with an average of 4.26 and a std deviation of .739. Further, respondents agreed that Feedback and Satisfaction helps them ensure that tasks are done in time as shown with an average of 4.07 and a std deviation of .850.

The overall mean of whether Job Specific Skills Training has an effect on migrant worker's performance was 4.07. This signifies that job specific skills training has a positive and significant influence on migrant worker's performance. The study outcome is supported by study done by Mohammed (2022) evaluated the impact of training on staff performance whose findings demonstrated that a number of variables, such as training design, training needs assessment, training delivery method, and training evaluation, significantly improved employee productivity.

3.8.5 MIGRANT WORKERS' PERFORMANCE

The study sought to evaluate how respondents feel about Migrant Workers' Performance. The outcomes of the analysis are presented in table 9.

Table 9. Migrant Workers' Performance

Statement	N	Mean	SD
I am satisfied with the job and tasks given to me	214	3.97	.978
At my place of work I am Meeting performance standards always	214	3.71	1.120
Meeting specific job responsibilities is my habit	214	4.03	.742
After pre departure training, I do Interact with coworkers in the host country easily	214	4.24	.598
Overall		3.99	.860

Source: Author, 2024

From the results presented in Table 5, respondents agreed that they are satisfied with the job and tasks given to meas shown with an average of 3.97 and a std deviation of .978. As to whether at their place of work they are Meeting performance standards always, respondents agreed with a mean of 3.71 and a std deviation of 1.120. Respondents indicated that Meeting specific job responsibilities is their habit with an average of 4.03 and a std deviation of .742. On whether respondents have after pre departure training, do Interact with coworkers in the host country easily they agreed with an average of 4.24 and a std deviation of .598.

3.9 INFERENCE ANALYSIS

This section presents the inferential statistics of the study results used to test the effect of independent variables on the dependent variable. The tests used included correlation and regression analysis. Correlation analysis was used to assess the strength of the association between the independent and dependent variable, and regression analysis was used to test the effect of the independent on the dependent variable.

3.9.1 CORRELATION ANALYSIS

This section presents the correlation analysis that was conducted to determine the strength and nature of the relationship between the independent and dependent variables. The results are presented in table 10.

Table 10. Correlation Analysis

		Cultural Awareness	Language Proficiency	Legal Awareness	Job Specific Skills	Migrant Workers' Performance
Cultural Awareness	Pearson correlation	1				
Language Proficiency	Pearson correlation	.738**	1			
Legal Awareness	Pearson correlation	.691**	.593**	1		
Job Specific Skills	Pearson correlation	.640**	.573**	.714**	1	
Migrant Workers' Performance	Pearson correlation	.781**	.823**	.768**	.815**	1
	Sig(2-tailed)	.000	.003	.000	.001	
	N	214	214	214	214	214

**correlation is significant at 0.05 level (2-tailed)

Source: Author, 2024

The correlation analysis in table 10 shows a correlation between cultural awareness and migrant workers' performance ($r=.781$, $p=0.000$). From these study findings, cultural awareness has a strong positive association with migrant workers' performance. These results further suggest that there is a direct relationship between cultural awareness and migrant workers' performance. The results concurs with Shikanga (2020) study that explored how cultural intelligence affects employee performance in Kenyan international humanitarian research institutions which examined metacognitive, cognitive, motivational, and behavioural cultural intelligence components and concluded they have a significant and positive association with worker performance.

The findings in table 10 also reveals a positive correlation coefficient between language proficiency and migrant workers' performance ($r=.823$, $p=0.003$) which also supports a direct relationship between language proficiency and migrant workers' performance. This signifies that an improvement in language proficiency would lead to an increased migrant workers' performance. The findings of the study back up those of Annisa et al. (2023) in Indonesia on the effect of employees' English

language competency on their job performance whose findings demonstrated that the employees' English language abilities were weak, and that using English had a major impact on their performance since it made it easier to do their tasks. As a result, the study proposed that the organization should organize English language training programs for its employees.

Further the findings indicate that there is a strong positive correlation between legal awareness and migrant workers' performance with $r=.763$. The outcomes of the study analysis signify there is a direct relationship between legal awareness and migrant workers' performance. Basing on study findings, an improvement in legal awareness would lead to improvement in migrant workers' performance. The results of the study are in agreement with study done by Sikoi (2021) on the effect of labor rights laws on Tanzanian workers' job performance, which revealed that employees can join trade unions, allowing them to comply with local and international labour rights regulations. The study also found that the ability to freely associate and engage in collective bargaining increases the productivity of workers and businesses.

Finally, the correlation between job specific skills training and migrant workers' performance was $r=.815$ indicating that the association between the two variables was significant, strong and positive. From these research findings, improving job specific skills training will lead to an increased migrant workers' performance. These findings are supported by study done by Nduta (2017) who investigated the effects of job descriptions on employee performance and concluded that job descriptions at the Ministry of Water and Irrigation had a significant impact on employee productivity.

3.10 REGRESSION ANALYSIS

Multiple regression was fitted to establish whether pre departure training programmes (cultural awareness, language proficiency, legal awareness and job specific skills training) significantly predicted migrant workers' performance.

3.10.1 MODEL SUMMARY

The coefficient of correlation and coefficient of determination were tested by the researcher and are presented in table 11

Table 11. Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std Error of Estimate
1	.796 ^a	.634	.621	.1137

a. predictors: (Constant), cultural awareness, language proficiency, legal awareness and job specific skills training

Source: Author, 2024

The model illustrates how the predictor variables (cultural awareness, language proficiency, legal awareness, and job-specific skills training) account for the percentage change in the predicted variable. The outcomes reveal that these predictor variables explain 62.1% of the variations in migrant workers' performance, as demonstrated by the adjusted R^2 of 0.621. The results indicate that cultural awareness, language proficiency, legal awareness, and job-specific skills training are effective predictors of migrant workers' performance.

3.10.2 ANOVA

The study carried out an ANOVA test at a 0.05 level of significance to compute the F statistics and the results are presented in table 12.

Table 12. Analysis of Variance (ANOVA)

Model		Sum Of Squares	Df	Mean Square	F	Sig
1	Regression	34.54	4	8.635	19.48	0.000 ^b
	Residue	93.03	210	0.443		
	Total	127.57	214			

a. Dependent variable (Performance of Migrant Workers)

b. predictors: (Constant), cultural awareness, language proficiency, legal awareness and job specific skills training

Source: Author, 2024

The ANOVA results were determined and presented in table 13. The results show that $F=19.48$ and $P=0.000$ which is less than 0.05. This indicates that pre departure training programmes significantly influenced the Migrant Workers' Performance. The

findings are in agreement with Bouwman (2013) who highlighted that training programs help employees improve their abilities and comprehension of their tasks, lowering the risk of them making mistakes at work. This is related to the fact that the major goal of training is to ensure that personnel perform their responsibilities as prescribed in order to meet the needs of customers. This implies that the other variable not in the consideration will account to 37.9% variation in the dependent variable.

3.10.3 REGRESSION COEFFICIENTS

The regression of coefficient was conducted to illustrate each individual component of pre departure training programs on Migrant Workers' Performance and table 14 shows the generated results.

Table 13. Regression Coefficients

	Model	Unstandardized coefficients		Standardized coefficients	t	p-value
		B	Std Error	Beta		
	Constant	2.625	2.561		3.712	.000
	Cultural Awareness	0.659	0.239	.216	2.483	.001
1	Language Proficiency	0.578	0.358	.391	3.197	.000
	Legal Awareness	0.513	0.353	.482	2.403	.000
	Job Specific Skills	0.672	0.228	.475	2.531	.003

a. Dependent variable (Performance of Migrant Workers)

Source: Author, 2024

Table 13 shows the regression coefficients. The regression equation developed is as follows:

$$Y = 2.625 + 0.659 X_1 + 0.578 X_2 + 0.513 X_3 + 0.672 X_4$$

Where;

Y=Migrant Workers' Performance

X₁ = Cultural Awareness,

X₂ = Language Proficiency

X₃ = Legal Awareness

X₄ = Job Specific Skills

From the regression model presented in table 13, the coefficient for Cultural Awareness was $\beta=0.659$ with a p-value Of $0.001 < 0.05$. This indicates that the effect of Cultural Awareness on Migrant Workers' Performance was positive and significant. This implies that by holding other independent variables constant, an increase of one unit of Cultural Awareness would result in 65.9 % Migrant Workers' Performance. The study findings are in agreement with study done by Cherian et al. (2020) on the importance of cultural diversity and its impact on workplace team performance which showed that cultural diversity and work team performance are positively and negatively correlated. Employees are generally content with their work environment and find it easy to collaborate in ethnic teams. However, some employees do encounter challenges and report the formation of cultural clusters that impede decision-making among team members.

Table 13 shows that the beta coefficient of Language Proficiency is $\beta=0.507$ with a p-value of $0.000 < 0.05$. The results show that Language Proficiency has a positive and significant effect on Migrant Workers' Performance. The results further show that an improvement in Language Proficiency would lead to an increase in Migrant Workers' Performance by 50.7 %. The study findings are in agreement with the findings of Hans (2023) on the association between language competency and employment level among migrants who revealed that higher levels of Dutch language proficiency were associated with improved job satisfaction and career opportunities, particularly among male workers. the study indicated that migrants' language skills may have an impact on their job prospects.

The results further showed that there was a positive and significant effect of Legal Awareness on Migrant Workers' Performance with a coefficient of $\beta= 0.375$ at p-value of $0.003 < 0.05$. This implies that a unit improvement in Legal Awareness would lead an increase in Migrant Workers' Performance by 37.5 %. These results concur with the results of the study by (Nicholson, 2018) who declared that Legal training is a tool to enhance access to justice for migrant workers. Understanding local laws and regulations equips migrants to engage with legal systems, pursue grievances, and challenge instances of

discrimination however Kartini *et al.*, (2022) study on the impact of Labor Law on minority immigrant's conclusions showed that even if there are laws in place that address the rights of employees, particularly immigrant workers, they are insufficient in safeguarding their well-being.

The outcomes further showed that the beta coefficient for Job Specific Skills was ($\beta = 0.636$) with p value of $0.001 < 0.05$. This indicates that Job Specific Skills had a significant and positive effect on Migrant Workers' Performance. The result further signifies that an increase in improvement in Job Specific Skills will lead to 63.4% Migrant Workers' Performance. This finding are support the findings of the study by Kathambi (2019) on the effect of employee abilities on work performance which revealed that putting competency-based processes into place assisted staff in reaching their objectives while also boosting teamwork inside the organisation. The study concluded that core competencies significantly contributed to employee job performance by providing a foundation for setting targets.

3.11 SUMMARY OF FINDINGS

The first objective of study sought to establish the effect of cultural awareness on Kenyan migrant workers' performance. The results of the descriptive statistical analysis verified that, taken as a whole, the cultural awareness measuring activities were deemed essential and, as a result, were applied to the performance of Kenyan migrant workers. Additional statistical examination of the collected data revealed that cultural awareness improves performance Kenyan Migrant Workers'.

The second objective of the study focused on evaluating the effect of language proficiency on performance of migrant workers. The objective emphasized the importance of language proficiency as a valuable developmental tool that empowers individuals to maximize their potential, drive performance, and achieve personal and organizational success. The descriptive measures of the sample mean and standard deviation confirmed that the set of operation activities for this variable were practiced on performance of migrant workers'. This indicated that when Language Proficiency for migrant workers is improved, performance of migrant workers will be achieved.

The third objective sought to explore the effect of legal awareness on migrant workers' performance. The sample mean and sample standard deviation supported the overall findings of the activities, which showed that practicing legal awareness was regarded as essential and was thus a part of the training process. Furthermore, statistical analysis of the data that was collected on the variable indicated that legal awareness has a positive effect on performance Kenyan migrant worker.

The last objective was to examine the effect of job specific skills training on migrant workers' performance. According to the descriptive statistics, it was widely agreed that job-specific skills training has a significant and positive impact on the performance of Kenyan migrant workers, as evidenced by the mean and standard deviation. Thus, job specific skills training was a key element that affected the performance Kenyan migrant worker.

3.12 CONCLUSIONS OF THE STUDY

Performance is dominant theme in both theoretical and empirical studies and is a central concern for decision makers and strategists in contemporary organizations. Indeed, performance of workers emphasizes attainment of certain outcomes that are of interest to the management and other stakeholders. It is for this reason that this study sought to determine the effect of labour migration pre-departure training on the performance of Kenyan migrant workers'. The results of analysis of quantitative data provide an empirical basis for drawing important conclusions on each of the specific objective of this study. The first specific objective sought to establish the effect of cultural awareness on performance of Kenyan migrant workers. The results of statistical analysis demonstrated that cultural awareness has a positive effect on performance migrant workers'. The conclusion of the study therefore is that cultural awareness positively affects performance of migrant workers

The focus of the second specific objective was to evaluate the effect of language proficiency on performance of Kenyan migrant workers. The findings from statistical analysis showed that language proficiency has an effect on performance of Kenyan migrant workers. Therefore, the study infers and concludes that language proficiency positively affects performance of Kenyan migrant workers. In the third specific objective, the study aimed at exploring the effect of legal awareness on performance of Kenyan migrant workers. The results of statistical analysis showed that legal awareness affects organizational performance. The therefore conclusion informed by these statistical results is that legal awareness positively affects performance of Kenyan migrant workers. Finally, the last specific objective sought to examine the effect of job specific skills training on performance of Kenyan migrant workers. The findings deriving from statistical analysis indicated that job specific skills training has a positive contribution to performance of workers. The conclusion of the study is job specific skills training positively affects performance of Kenyan migrant workers.

3.13 RECOMMENDATIONS OF THE STUDY

The findings of the study have important implications for various stakeholders such as government and its agencies policymakers, management teams, human resource practitioners, researchers, and academicians. As a result, several recommendations are derived from the study.

The cultural awareness training program on performance of migrant workers was positive and significant. Cultural awareness has a strong positive influence on performance of migrant workers. As cultural awareness increases, performance of migrant workers also increases. The positive correlation can be attributed to the fact that there should be preparedness to the migrant employees regarding the cultural values in the host countries. The government therefore have to incorporate the cultural awareness training programs to ensure that performance of migrant workers is enhanced.

The Language proficiency training program on performance of migrant workers was positive and significant. The performance of migrant workers is significantly enhanced by their level of language proficiency. As their language proficiency improves, so does their performance. The government has to facilitate access to language training for prospecting migrant workers, for language proficiency can directly improve well-being and indirectly enhance performance by reducing anxieties and facilitating focus on work.

The legal awareness training program on performance of migrant workers was positive and significant. The performance of migrant workers is significantly enhanced by their knowledge of legal awareness in the host countries. As their legal awareness improves, so does their performance. The government should facilitate access to legal awareness programs which will positively influence job satisfaction and improved employee performance. Empowerment of migrant employees by imparting knowledge of their rights in host countries and access to resources can lead to increased engagement and longer stays in jobs.

The job specific skills training program on performance of migrant workers was positive and significant. The performance of migrant workers is significantly enhanced by their possession of relevant skills it the related engagements in the host countries. As their job specific skills improves, so does their performance. The policy makers should facilitate availability of relevant job specific skills training program to migrant workers that will tend to exhibit better performance.

REFERENCES

- [1] Armstrong M. (2011). *Human Resource Management Practice*. 10th Edition, Kogan Limited, Oxford university press. London.
- [2] Anderson, C. (2010). Presenting and evaluating qualitative research. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 74 (8), 141.
- [3] Annisa. K, Luhriyani, S And Samtidar.A (2023). The influence of employees' English skills to their work performance (A study case at regional office for cultural properties preservation in South Sulawesi). *International Journal of Business, English, and Communication*.1 (2), 2023,45-52.
- [4] Andrees, B., Nasri, A., & Swiniarski, P. (2015). Regulating labour recruitment to prevent human trafficking and to foster fair migration: Models, challenges, and opportunities. Geneva: ILO.
- [5] Aryal, P., & Kharel, A. (2023). Does Pre-Departure Orientation Protect Labor Migrants? Examining pre-departure interventions in Nepal.
- [6] Bach, S. (2003). International migration of health workers: Labour and social issues. ILO.
- [7] Becker, G. S. (1964). Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education. University of Chicago Press.
- [8] Bell, E., Bryman, A., & Harley, B. (2018). Business Research Methods. Oxford, England: Oxford University Press.
- [9] Black, R., Deva, K., & Townsend, R. (2011). Migration and Skills. Routledge.
- [10] Braimah, S., & Pyakurel (2020). U. P. Domestic Labour Migration to the GCC Countries from Nepal and Kenya: The Bid to secure 'risky' Employment.
- [11] Brannick, M. T., & Levine, E. L. (2002). Job analysis: Methods, research and applications for human resources management in the new millennium. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- [12] Cherian. J, Gaikar V. B and Raj. P P, The Role of Cultural Diversity and how they Impact Work Team Performance. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 11 (9), 2020, 11-22.
- [13] Chiswick, B. R. (2014). The Economics of International Migration. Routledge.
- [14] Constant, A. (2010). Skills mismatching and labor market outcomes of temporary migrant workers: A framework for analysis. *Journal of Ethnic and Migration Studies*, 36 (8), 1249-1268.

- [15] De Haas, H. (2006). Migration and development: A theoretical framework. *Journal of Ethnic and Migration Studies*, 32 (4), 601-628.
- [16] Gallotti, M. (2015). Migrant Domestic Workers Across the World: Global and regional.
- [17] GLLM (2023), Demography, Migration, and the labour markets in the UAE, estimates.
- [18] Hans, G. B (2023). Language proficiency of migrants: the relation with job satisfaction and skill matching. *Empirical Economics* (65), 2899–2952.
- [19] Hui. W, Jennifer L. S, Ziyuan H (2023). English language proficiency, prior knowledge, and student success in an international Chinese accounting program.
- [20] International Organization for Migration (IOM). (2017). Skills Pre-Departure Training Handbook for Returning Migrant Workers. Retrieved from International Organization for Migration.
- [21] International Organization for Migration (IOM). (2023). Strengthening recruitment and information provision between Kenya and the Kingdom of Bahrain.
- [22] Kathambi, T. (2019). Influence of employee competencies on employee Job Performance At Energy And Petroleum Regulatory Authority (EPRA).
- [23] Kartini A. T, Kamal.H. H, Suzanna M. I, Sakina S. A. Y & Che. N. M (2022). Labor Law and Immigrants: Legal Impact to Minority. *Asian Social Science* 8, (6).
- [24] Kraimer, M. L. & Wayne, S. J., 2004. An Examination of Perceived Organizational Support as a Multidimensional Construct in the Context of an Expatriate Assignment. *Journal of Management*, 209-237.
- [25] Landry, L. (2018). The importance of cultivating cultural awareness at work. Northeastern University Graduate Programs.
- [26] Levy, J. (1995). Intercultural training design. In S.M. Fowler & M.G. Mumford (Eds.), *Intercultural Sourcebook: Cross-cultural Training Methods*. Yarmouth: Intercultural Press.
- [27] Ministry of Labour and Social Protection. (2023). New hope for labour migrant workers, as PS meets Agencies and Home Care Training Institutions.
- [28] Mohammed, H. Y. (2022) Impact of training on employees' performance: A case study of Bahir Dar University, Ethiopia, *Cogent Education*, 9: 1.
- [29] Morris, S. N. (2023). Cultural Diversity in Workplace and the Role of Management. *American Journal of Industrial and Business Management*, 13, 380-393.
- [30] Nduta, M.A. (2017). Effect of Job Description on Employee Performance at the Ministry Of Water and Irrigation.
- [31] Ombaire, W. B. (2016). Macroeconomic Determinants of Emigration from Kenya (Doctoral dissertation, University of Nairobi).
- [32] Portes, A. (2013). Immigration and the Politics of Social Capital. The ANNALS of the American. *Academy of Political and Social Science*, 649 (1), 3-20.
- [33] Rahman T and Selçuk.Y (2020). Awareness on the Legal Rights of Employees in the Tourism Sector: A Research on the Accommodation Business Employee. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, Issue (4), 304-320.
- [34] Rodriguez, R. M., & Schwenken, H. (2013). Becoming a migrant at home: Subjectivation processes in migrant-sending countries prior to departure. *Population, Space and Place*, 19 (4), 375-388.
- [35] Saunders, M., Lewis, P. & Thornhill, A. (2012). *Research Methods for Business Students* (6th ed). Pearson Education Limited.
- [36] Shikanga, S. M. (2020). Influence of cultural intelligence on employee performance in international humanitarian research organizations in Kenya [Thesis, Strathmore University].
- [37] Sikoi.G.S (2021).The effects of labour rights practices on employees' job performance in Tanzania: A case of vocational training centres in Dodoma.
- [38] Skeldon, R. (2008). Transnational (Incomplete reference).
- [39] Venkataiah, P., P. (2022). Importance of Pre-departure Training for Expatriate's Career Advancement.
- [40] Zaiceva, A. and Zimmermann, K. F. (2008). Scale, diversity, and determinants of labour migration in Europe, Discussion Paper of the Institute for the Study of Labor (No. 3595).

Niveau de concentration des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) dans les sédiments de surface de la lagune Digbougé (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire)

[Concentration level of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in the surface sediments of the Digbougé lagoon (South-West of Côte d'Ivoire)]

Toalo Lou Kala Marie-Claude¹, N'Guessan Yao Alexis¹, Irié Bi Trazié Jean-Gaël¹, Gboko Yao Dakro Albert², and Kouassi Kouamé Moïse³

¹Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques (LGRME), Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR-STRM), Abidjan, Côte d'Ivoire

²Laboratoire des Sciences du Sol, de l'Eau et des Géomateriaux (LSSEG), Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR-STRM), Abidjan, Côte d'Ivoire

³Centre de Recherches Océanologiques (CRO), Abidjan, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The contamination of aquatic environments by organic pollutants such as PAHs constitutes a worrying threat to water quality, but also to the survival of aquatic biodiversity. The present study aims to assess the risk linked to the presence of such contaminants in the surface sediments of a lagoon subject to urban influence. The method used for this purpose first consisted of collecting eighteen (18) representative samples of sediment at the bottom of the water using a grab. Then, an analysis of their PAH content was carried out using the gas chromatography technique coupled with mass spectrometry (GC-MS) in the laboratory. The different concentrations obtained of each PAH were finally compared with corresponding LEL and SEL tolerance threshold values. These analyzes reveal the presence of 8 main PAHs in the sediments studied with a range of concentrations going from 0 to 32.08 µg/kg. Among these, light PAHs such as Fluoranthene and Pyrene with respective maximum contents of 6.25 and 32.08 µg/kg. Heavy PAHs such as: Benzo (b) fluoranthene, Benzo (k) fluoranthene, Benzo (a) pyrene, Indeno (1, 2,3-cd) pyrene, Benzo (a) anthracene and Benzo (g, h, i) perylene, with concentrations ranging between 0 and 31.46 µg/kg. All the PAH values obtained were well below the usage rights thresholds. From the analysis of the various results, it appears that all of these quantified organic compounds did not currently represent a danger for the lagoon environment due to their very low levels.

KEYWORDS: organic pollutants, sediments, concentrations, toxicity threshold, Digbougé lagoon, Ivory Coast.

RESUME: La contamination des milieux aquatiques par les polluants organiques tels que les HAP constitue une menace préoccupante pour la qualité des eaux, mais aussi pour la survie de la biodiversité aquatique. La présente étude vise à évaluer le risque lié à la présence de tels contaminants dans les sédiments de surface d'une lagune soumise à une influence urbaine. La méthode utilisée à cet effet a d'abord consisté à collecter à la benne dix-huit (18) échantillons représentatifs de sédiments au fond de l'eau. Ensuite une analyse de leur contenu en HAP a été faite par la technique de chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG-SM) au laboratoire. Les différentes concentrations obtenues de chaque HAP ont été enfin comparées avec des valeurs seuils de toxicité LEL et SEL correspondantes. Ces analyses révèlent la présence de 8 principaux HAP dans les sédiments étudiés avec une gamme de concentrations allant de 0 à 32,08 µg/kg. Parmi ceux-ci, des HAP légers tels que le Fluoranthène et le Pyrène avec des teneurs maximales respectives de 6,25 et 32,08 µg/kg. Des HAP lourds tels que: le Benzo (b) fluoranthène, le Benzo (k) fluoranthène, le Benzo (a) pyrène, l'Indéno (1, 2,3-cd) pyrène, le Benzo

(a) anthracène et le Benzo (g, h, i) pérylène, avec des concentrations oscillant entre 0 et 31,46 µg/kg. Toutes les valeurs de HAP obtenues ont été très largement inférieures aux seuils de toxicité utilisés. De l'analyse des différents résultats, il ressort que tous ces composés organiques quantifiés ne représenteraient pour l'heure un danger pour le milieu lagunaire en raison de leurs très faibles teneurs.

MOTS-CLEFS: polluants organiques, sédiments, concentrations, seuil de toxicité, lagune Digboué, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Les activités anthropiques qui prennent place autour des plans d'eau constituent de véritables sources de nuisance pour ces milieux. Une situation traduite quotidiennement par le déversement en leur sein d'énormes quantités de substances de nature et de taille très diverses. Parmi les contaminants les plus fréquemment détectés dans le milieu marin se trouve la famille des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) [1]. Celle-ci forme un groupe de plus de 100 composés différents constitués exclusivement d'atomes de carbone et d'hydrogène [2]. Les HAP sont générés majoritairement lors de l'incinération des déchets agricoles et aussi pendant la combustion du bois, du charbon ou des ordures ménagères [3]. Ils peuvent également provenir d'autres sources que sont: la circulation automobile; les industries pétrochimiques et similaires; l'industrie pétrolière depuis les différentes phases d'exploration et d'exploitation des hydrocarbures jusqu'à leur transport par les navires pétroliers [4], [5], [6], [7]. Une fois arrivés au sein des divers milieux aquatiques, les HAP ont pour particularité de s'accumuler facilement aussi bien dans les sédiments (plus spécifiquement sur les particules fines) que dans les organismes vivants. Ils y apparaissent en outre comme des composés faiblement volatiles et solubles, avec une biodégradabilité qui varie fortement selon les conditions du milieu [8], [9]. Leur persistance même à faible dose est susceptible d'entraîner à la longue des conséquences nocives sur la qualité des eaux, mais aussi sur la biodiversité (organismes benthiques en particulier) qui les habite [10]. Ils méritent donc d'être suivi de près au sein de ces milieux. Cette présente étude vient par conséquent compléter les nombreuses approches scientifiques de suivi et de contrôle de ce type de contaminants dans les compartiments biotiques et abiotiques des environnements aquatiques. Elle a pour objectif principal de déterminer le niveau de teneurs de plusieurs de ces contaminants hydrocarbonés (HAP), dans les sédiments d'une lagune (Digboué), soumise à des rejets constants d'effluents non traités, afin de discuter enfin de leur éventuelle toxicité. Cette lagune est située dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire, entre les latitudes 6°39 et 6°42 Nord et les longitudes 4°42 et 4°45 Ouest. Elle couvre une superficie d'environ 10 Km².

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 ECHANTILLONNAGE DES SEDIMENTS SUPERFICIELS

Dix-huit (18) échantillons de sédiment ont été collectés au total dans la lagune Digboué au moyen d'une benne Van Veen, afin de déterminer les teneurs en HAP. Les échantillons collectés sont conservés dans des sachets plastiques étiquetés et conditionnés dans du papier aluminium à l'abri de la lumière et ensuite mis dans une glacière remplie des blocs de glace pour leur maintien à une température voisine de 5 °C.

2.2 ANALYSES CHIMIQUES DES SEDIMENTS

Au laboratoire, après la phase de pré-traitement des échantillons (séchage, broyage et tamisage), 50 g de sédiments fins sont retenus pour l'extraction. Ainsi 20 ml de dichlorométhane (CH₂Cl₂) ont été utilisés pour extraire les composés à analyser du milieu réactionnel. Les extraits obtenus sont alors filtrés, évaporés à sec, puis purifiés sur une colonne de silice/alumine. Il s'en suit enfin une quantification des HAP recherchés au dispositif de CPG-SM, l'un des systèmes les plus utilisés en chimie analytique et qui permet d'identifier et/ou de quantifier avec une plus grande précision de nombreuses substances présentes en très petites quantités, voire en traces [11], [12] (Tableau 1).

Tableau 1. Quelques paramètres principaux de l'analyse

Paramètres	Valeurs
Type d'injecteur	Automatique
Type de détecteur	UV visible
Colonne(nature et dimensions)	Colonne capillaire, épaisseur film : 3 x 0,25 mm ; Diamètre : 0,25 µm
Température(four-injecteur-détecteur)	40 °C max
Nature éléments de référence	Etalons de molécules de HAP
Mode d'injection des échantillons	Mode d'acquisition d'ions sélectifs

2.3 EVALUATION DU RISQUE DE TOXICITE DES SEDIMENTS

La toxicité des sédiments face aux HAP a été évaluée en comparant les concentrations obtenues après analyse chimique aux valeurs LEL (Lowest Effect Level) et SEL (Severe Effect Level) (Tableau 2), en absence de normes sur les HAP en Côte d'Ivoire. Ces valeurs correspondent à des teneurs propres à chaque substance à ne pas excéder si l'on souhaite protéger l'environnement [13], [14], [15], [16].

Tableau 2. Valeurs guides LEL et SEL exprimées en µg/kg (ppb) des HAP de l'étude

HAP	Lowest Effects Level (LEL)	Severe Effects Level (SEL)
Benzo(a)anthracène	320	148.10 ⁴
Benzo(k)fluoranthène	240	134.10 ⁴
Benzo(a)pyrène	370	144.10 ⁴
Benzo (g,h,i)pérylène	170	32.10 ⁴
Fluoranthène	750	102.10 ⁴
Indeno(1,2,3 -c,d)pyrène	200	32.10 ⁴
Pyrène	490	85.10 ⁴
Benzo(b)fluoranthène	-	-

3 RESULTATS

3.1 CONCENTRATIONS DES HAP DANS LES SEDIMENTS

Huit (8) principaux HAP ont été quantifiés sur l'ensemble des sites échantillonnés. Les paramètres statistiques enregistrés lors de ces mesures indiquent pour chacun de ces composés, les variations suivantes:

- Le fluoranthène: un intervalle de concentration allant de 0 µg/kg à 6,25 µg/kg, avec une moyenne de 0,78 µg/kg. Les valeurs les plus élevées sont constatées dans les stations qui se rapprochent de la passe sableuse depuis la zone centrale de la lagune. Les valeurs les plus faibles s'observent au niveau des stations situées sur le pourtour du bras lagunaire nord-est dont la partie médiane est recouverte par un couvert végétal ;
- Le benzo (b) fluoranthène: des valeurs de concentrations comprises entre 0 et 24,03 µg/kg, soit une moyenne estimée à 7,46 µg/kg. Celles-ci sont généralement faibles du côté nord-ouest de la lagune et beaucoup plus importantes dans sa partie centrale, ainsi que dans ses extrémités nord-est et sud-ouest ;
- Le benzo (k) fluoranthène: une valeur moyenne de l'ordre de 0,24 µg/kg, et des valeurs maximale et minimale s'élevant respectivement à 0 µg/kg et à 1,18 µg/kg. Les fortes teneurs en ce hap s'observent dans la partie occidentale et les moins fortes s'identifient un peu sur toute la superficie lagunaire ;
- Le pyrène: des teneurs oscillant entre 0 et 32,08 µg/kg, soit une moyenne de 8,72 µg/kg. Les concentrations en pyrène sont plus élevées dans les secteurs nord-est et sud-ouest de la lagune digbougé et le sont moins dans la partie située de part et d'autre du village digbougé et du quartier balmer.

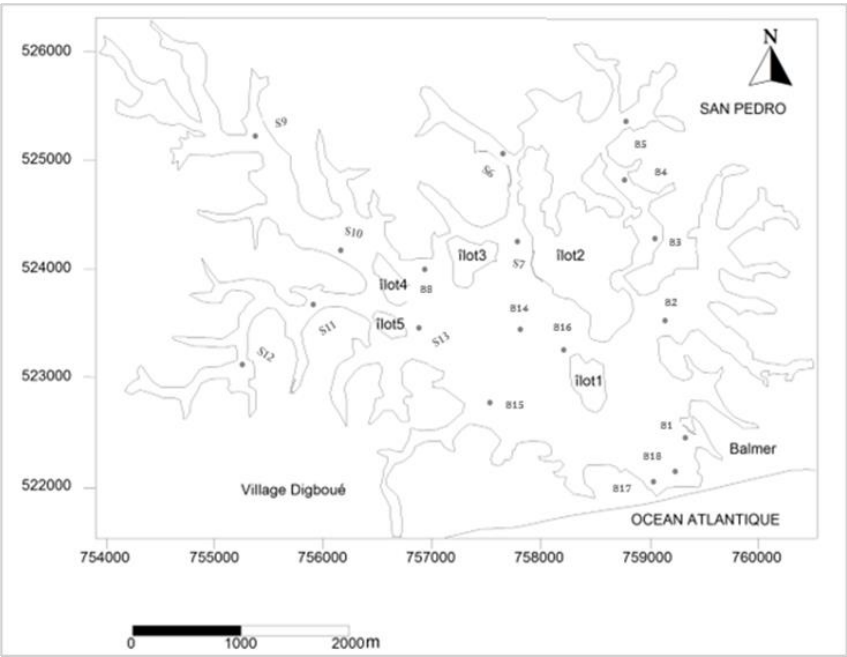


Fig. 1. Carte de présentation de la zone d’étude

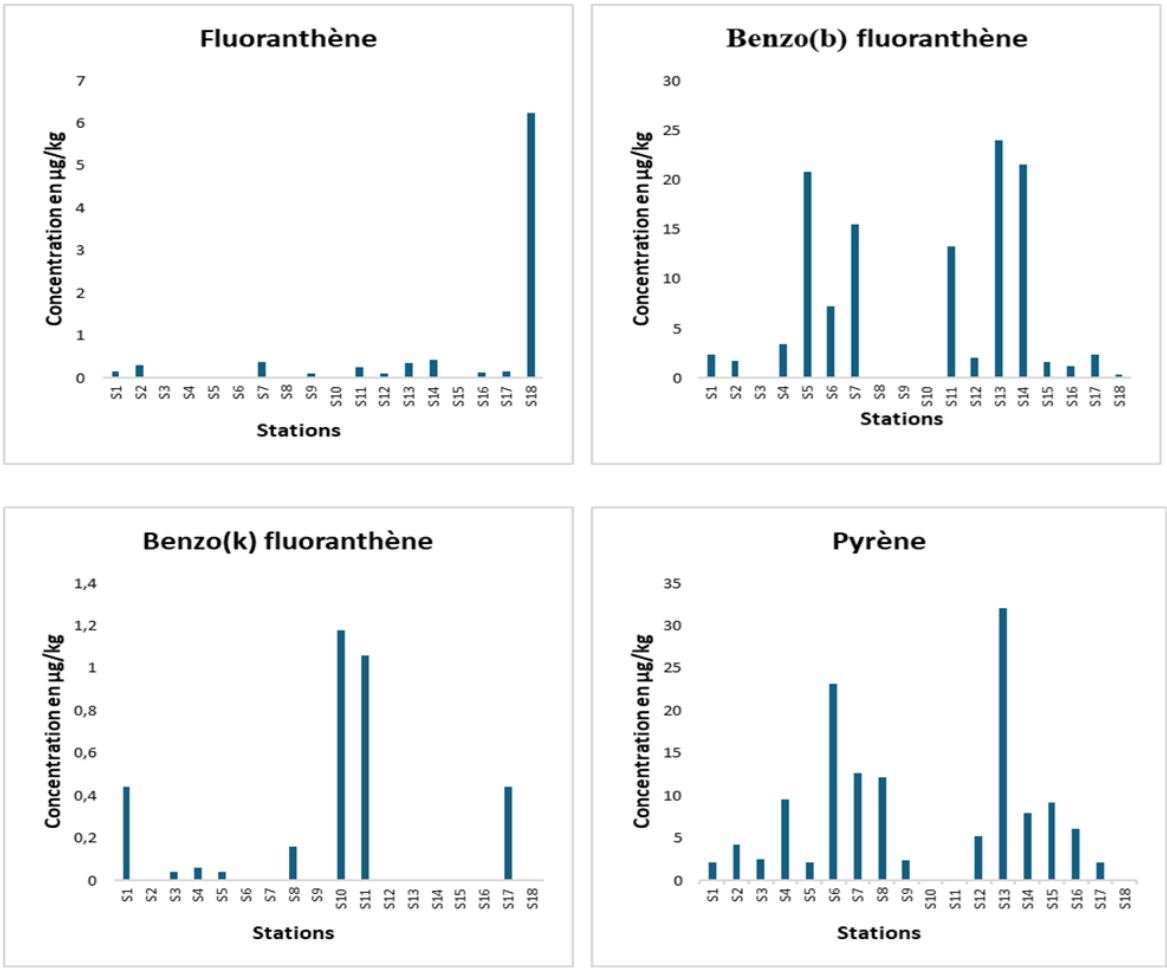


Fig. 2. Variation des concentrations des HAP par stations

- Le benzo (a) pyrène: avec des valeurs comprises entre 0 à 3,44 $\mu\text{g/kg}$. Sa valeur moyenne observée est de 1,31 $\mu\text{g/kg}$. Les valeurs du benzo (a) pyrène sont généralement faibles dans les zones de prélèvement situées à proximité du grau. Les plus fortes valeurs apparaissent au nord et au sud-ouest ;
- L'indéno (1, 2,3-cd) pyrène: les résultats montrent une variation de concentration allant de 0 à 31,46 $\mu\text{g/kg}$. La concentration moyenne de ce composé chimique est estimée à 5,32 $\mu\text{g/kg}$. Ce composé a des valeurs élevées au niveau du cordon et plus faibles dans les zones nord et sud-ouest de la lagune digboué ;
- Le benzo (a) anthracène: avec des teneurs allant de 0 à 7,9 $\mu\text{g/kg}$ et une moyenne de 1,45 $\mu\text{g/kg}$. Les valeurs les plus importantes sont observées dans la moitié nord de la lagune et les plus faibles dans la grande moitié sud ;
- Le benzo (g, h, i) pérylène: les concentrations sont comprises entre 0 et 4,43 $\mu\text{g/kg}$ et une moyenne de 1,20 $\mu\text{g/kg}$. Au sud-ouest, au centre et au nord-est les concentrations de ce hap sont plus élevées. Au nord-ouest et au sud-est du plan d'eau lagunaire, elles sont moins importantes.

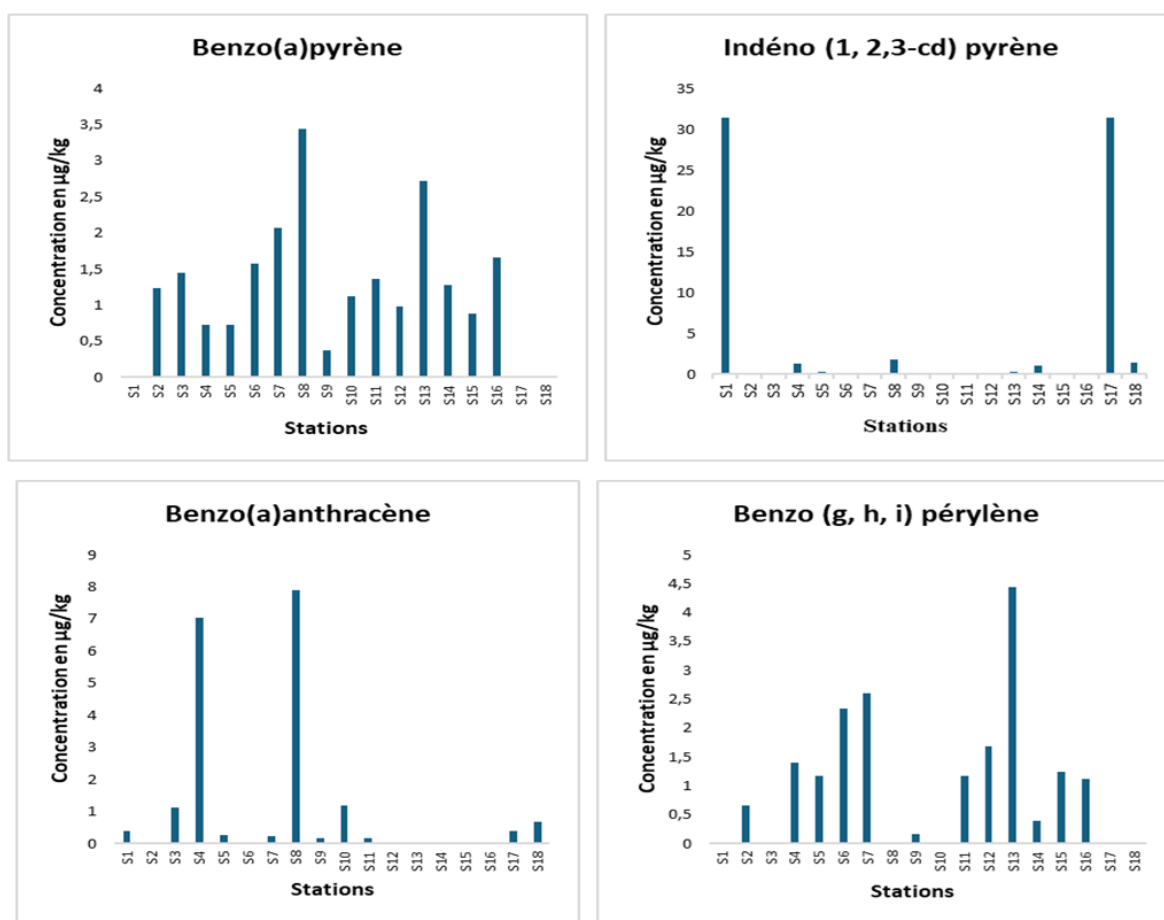


Fig. 3. Variation des concentrations des HAP par stations

Ces résultats montrent non seulement une contamination de la majorité des sédiments étudiés par les HAP quantifiés, mais aussi une variation des niveaux de concentration de ces composés d'une station à une autre. Les concentrations étant comprises entre 0 et 32,08 $\mu\text{g/kg}$.

3.2 EVALUATION DES RISQUES TOXICOLOGIQUES DES HAP

Les teneurs en HAP des sédiments analysés ont été toutes très largement inférieures à la concentration de HAP au-dessus de laquelle les espèces de la colonne d'eau se trouvent à risque (LEL) et au niveau de concentration en polluant pour lequel l'on observe des impacts sévères sur 95% de la communauté benthique (SEL). Aucune conclusion claire n'a été cependant établie au niveau du benzo (b) fluoranthène dont les valeurs de référence de toxicité restent méconnues (Tableau 3).

Tableau 3. Concentrations des HAP par stations et valeurs guides Lowest Effects Level (LEL) / Severe Effects Level (SEL) correspondantes en µg/kg (ppb)

HAP	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	LEL	SEL
Benzo(a)anthracène	0,41	0	1,12	7,03	0,28	0	0,25	7,9	0,18	1,2	0,18	0	0,01	0	0	0	0,41	0,68	320	148.10 ⁴
Benzo(k)fluoranthène	0,44	0	0,04	0,06	0,04	0	0	0,16	0	1,18	1,06	0	0	0	0	0	0,44	0	240	134.10 ⁴
Benzo(a)pyrène	0,02	1,23	1,45	0,72	0,72	1,58	2,07	3,44	0,37	1,12	1,36	0,98	2,72	1,28	0,88	1,66	0,02	0	370	144.10 ⁴
Benzo (g,h,i)pérylène	0	0,66	0	1,41	1,17	2,33	2,6	0	0,17	0	1,18	1,68	4,43	0,4	1,25	1,12	0	0	170	32.10 ⁴
Fluoranthène	0,15	0,31	0	0	0	0	0,37	0,04	0,11	0	0,26	0,1	0,35	0,43	0	0,13	0,15	6,25	750	102.10 ⁴
Indeno(1,2,3-c,d)pyrène	31,46	0	0,23	1,25	0,35	0	0,19	1,76	0	0	0,15	0	0,3	1,11	0	0,02	31,46	1,45	200	32.10 ⁴
Pyrène	2,12	4,2	2,47	9,58	2,11	23,19	12,68	12,13	2,46	0	0	5,19	32,08	7,97	9,25	6,05	2,12	0	490	85.10 ⁴
Benzo(b)fluoranthène	2,4	1,76	0,14	3,43	20,84	7,3	15,53	0,08	0	0	13,27	2,08	24,03	21,5	1,59	1,19	2,4	0,32	-	-

4 DISCUSSION

L'étude du niveau de concentration des HAP révèle une contamination des sédiments superficiels de la lagune Digbougé. Les concentrations individuelles en contaminant sont comprises généralement dans l'intervalle 0 et 32,08 µg/kg. Il s'agit pour la plupart de HAP lourds, parmi lesquels domine majoritairement le pyrène avec une teneur totale de 134 µg/kg. Ce composé est suivi du benzo (b) fluoranthène et de l'indéno (1, 2,3-cd) pyrène, avec des concentrations totales respectives de 118 et 70 µg/kg. Cette contamination ne saurait être cependant globale pour un même individu de HAP identifié, en raison de teneurs nulles observées par moment à certains points d'échantillonnage. L'hétérogénéité ainsi constatée dans les valeurs en HAP pourrait s'expliquer d'une part à partir de l'influence de propriétés sédimentologiques telles que la nature et la granulométrie du sédiment. En effet, le taux d'hydrocarbures ayant tendance à être faible ou nul dans un sédiment grossier et sableux, et significatif dans une vase [17], [18]. Ceci semble être parfaitement en accord avec nos résultats où la plupart des stations fortement concentrées en HAP ont été représentées par des sédiments vaseux. D'autre part, cette différence de teneurs pourrait provenir de la localisation du point de prélèvement des sédiments par rapport aux sources principales d'apport de ces contaminants dans la lagune. Ces sources comprennent les émanations des véhicules poids lourds des carrières de sables de la plage Digbougé à l'exutoire de la lagune. Aussi les gaz d'échappement des moteurs de véhicules (diesel ou essence) durant le trafic routier dans les zones rurales périphériques (le village Digbougé au sud-ouest, Balmer à l'est, Soleil et Zimbabwe respectivement au nord-ouest et au nord-est) et les feux de bois domestiques dans certains ménages constituent des sources de contamination en HAP de la lagune Digbougé. En outre, la production du charbon comme activité informelle de certains résidents de quartiers précaires à proximité, puis l'élimination en lagune ou aux alentours de déchets plastiques tels que les bouteilles vides d'huile de vidange par certains quartiers viennent s'ajouter à ces sources. Enfin, le rejet d'eaux usées issues de sources lointaines telles que les zones industrielles (Sud et Nord) de la ville de San-Pédro et qui utilisent la lagune Digbougé comme exutoire final [19]. En suivant ainsi cette seconde approche, les zones les plus éloignées de ces sources auront des teneurs en HAP relativement faibles, tandis que les plus proches seront beaucoup plus concentrées [20]. Et cela illustre parfaitement les concentrations individuelles observées en HAP sur l'ensemble du plan d'eau lagunaire. Ces valeurs pour la totalité des HAP étudiés, comparées à celles des sédiments de la zone côtière ivoirienne (Toukouzou Hozalem-Assinie) s'en révèlent très largement en dessous [21]. Cette différence s'expliquerait tout simplement par la plus forte anthropisation de la zone côtière contrairement à la lagune Digbougé. La comparaison également des diverses concentrations en HAP avec les valeurs de référence de toxicité LEL et SEL admises pour chacun de ces composés montrent que ceux-ci ne représentent à priori aucun danger pour les organismes du milieu lagunaire.

5 CONCLUSION

Les milieux aquatiques sont l'objet de multiples atteintes provoquées par les activités humaines développées à leurs alentours. Celles-ci génèrent des quantités remarquables de polluants en l'occurrence les HAP. Ces composés sont particulièrement redoutés en raison de leur toxicité et leur persistance dans l'environnement. Ainsi en Côte d'Ivoire, le suivi particulier de ce type de contaminants dans les milieux lagunaires a suscité la réalisation de cette étude. Son objectif principal était de déterminer le niveau de teneurs de plusieurs de ces HAP dans les sédiments superficiels de la lagune Digbougé, au sud-ouest du pays. L'approche méthodologique utilisée à cet effet a permis de mettre en évidence au terme de l'étude une faible contamination des sédiments par des composés tels que: le fluoranthène, le benzo (b) fluoranthène, le benzo (k) fluoranthène, le pyrène, le benzo (a) pyrène, l'indéno (1, 2,3-cd) pyrène, le benzo (a) anthracène et le benzo (g, h, i) pérylène. Ces résultats sont certes satisfaisants mais restent tout de même préoccupants car ce stock actuel de contaminants s'il n'est pas contrôlé

peut s'avérer nocif par la suite. C'est pourquoi la plupart de ces substances ont été jugées prioritaires (dangereuses) par la DCE. Des programmes de biosurveillance devront être aussi envisagés.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le Laboratoire National d'Appui au Développement Agricole (LANADA), qui nous a offert l'opportunité d'y effectuer nos différentes analyses, ainsi que le Centre de Recherches Océanologiques (CRO) pour sa collaboration et la mise à notre disposition du matériel de travail.

REFERENCES

- [1] F.Z. Ndadani, F. Zkhir, H. Idali et A. Rachidi, «Analyse des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques dans les produits halieutiques au niveau de la côte sud atlantique du Maroc», Moroccan Journal of Heterocyclic Chemistry, vol.15, no.1, pp. 152-157, 2016.
- [2] Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 1995. Toxicological Profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp69.pdf>.
- [3] B. Doornaert et A. Pichard «Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ». INERIS, 03DRL77, Paris, France, pp.64, 2003.
- [4] M. Fraser., G. Cass, B. Simoneit and R. A. Rasmussen «Air quality model evaluation data for organics. C6-C22 nonpolar and semipolar aromatic compounds», Environmental Science and Technology, vol. 32, pp. 1760-1770, 1998.
- [5] J. Gasperi, «Introduction et transfert des hydrocarbures à différentes échelles spatiales dans le réseau d'assainissement parisien», Thèse de Doctorat, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, pp.272, 2006.
- [6] H. Chalhmi, « Etude de la pollution marine par les hydrocarbures et caractérisation de leurs effets biochimiques et moléculaires sur la palourde de Ruditapes sp », Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux, pp. 260, 2017.
- [7] H. Romanelli, «Étude de la propagation d'une nappe de pétrole au large des îles Canaries», Mémoire de Master, Université de Liège, pp.56, 2021.
- [8] L. Martel, M.J. Gagnon, R. Masse and A. Leclerc «The spatio-temporal variations and fluxes of polycyclic aromatic hydrocarbons in the sediments of the Saguenay Fjord, Québec, Canada». Water Res, vol.21, pp. 699-707, 1987.
- [9] L.G. Bellucci., M. Frignani, D. Paolucci et M. Ravanelli, «Répartition des métaux lourds dans les sédiments de la lagune de Venise: le rôle de la zone industrielle», Science de l'environnement total, Vol. 295, no1 à 3, pp. 35-49, 2002.
- [10] U. Varanasi et J.E. Stein, «Disposition of xenobiotic chemicals and metabolites in marine organisms», Environ. Health Perspec, no.90, pp. 93-100, 1991.
- [11] I.B. Fay, «Application du couplage chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse en tandem (CPG/SM/SM) à l'analyse de produits alimentaires», Analisis magazine, vol. 26, no.1, pp. 28-32, 1998.
- [12] S. Bouchonnet et D. Libong, « Le couplage chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse », L'actualité chimique, no.275, pp. 7-14, 2004.
- [13] D. Persaud, R. Jaagumagi and A. Hayton, «Guidelines for the Protection and Management of Aquatic Sediment Quality in Ontario», Ontario Ministry of Environment and Energy, pp.27, 1993.
- [14] J. Marchand, L. Quiniou, R. Riso, M.T. Thebaut and J. Laroche, « Physiological Cost of Tolerance to Toxicants in the European Flounder Platichthys Flesus, along the French Atlantic Coast», Aquatic Toxicology, vol.70, no.4, pp. 327- 343, 2004.
- [15] C.W. Götz, R. Kase and J. Hollender, « Mikroverunreinigungen- Beurteilung weitergehender Abwasserreinigungsverfahren anhand Indikatorsubstanzen GWA », vol.4, pp. 1-9, 2010.
- [16] I. Wittmer, C. Moschet, J. Simovic, H. Singer, C. Stamm, J. Hollender et C. Leu, «Plus de 100 pesticides dans les cours d'eau. Une forte pollution des cours d'eau suisses révélée par le programme NAWA SPE», Aqua & Gas, vol. 94, no.11, pp.68-79, 2014.
- [17] P.H. Baumard, P. Budzinski, H. Garrigues, P.D. Dizer and Hansen, «Polycyclic aromatic hydrocarbons in recent sediments and mussels (Mytilus edulis) from the Western Baltic Sea: occurrence, bioavailability and seasonal variations», Marine Environmental Research, vol.47, no.1, pp. 17- 47, 1999.
- [18] O.L.G. Maioli, K.C. Rodrigues, B.A. Knoppers and D.A. Azevedo, «Pollution source evaluation using petroleum and aliphatic hydrocarbons in surface sediments from two Brazilian estuarine systems», Org Geochem, no.41, pp. 966, 2010.

- [19] B. Diarrassouba, A.C. Yapi et Y. C.A. Allangba, «Activités industrielles et risques environnementaux dans la ville de San-Pedro (Côte d'Ivoire)», La Revue Africaine des Sciences Sociales « Pensées genre. Penser autrement, vol.3, no.2, pp. 19-37, 2023.
- [20] Edjere., I. Agbozu, G. Asibor, S. Otolu and U. Bassey, «Seasonal Trend of Polyaromatic Hydrocarbons (PAHs) in Sediments from River Ethiope in the Niger Delta Region of Southern Nigeria», International Research Journal of Pure and Applied Chemistry, pp. 69-77, 2020.
- [21] O. L. E. Oura, «Étude dynamique de la contamination de la zone côtière ivoirienne (Toukouzou Hozalem – Assinie) par les polluants organiques et les éléments traces métalliques (ETM)», Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INPHB), pp. 150, 2022.

Analyse de la Variabilité Génétique et du Potentiel Fourrager de Huit Morphotypes de Voandzou (*Vigna subterranea*)

[Assessment of Genetic Variability and Forage Potential in Eight Morphotypes of Bambara Groundnut (*Vigna subterranea*)]

NAINO JIKA Abdel Kader¹, BORI Haoua², HACHIMOU SABO Mahaman Rabiou¹, AMADOU MOUNKAILA Hamissou¹,
DAN GUIMBO Iro¹, and Ibrahim Amoukou¹

¹Département des Productions Végétales, Université ABDOU Moumouni, Faculté d'Agronomie, Niamey, Niger

²Département des Cultures Irriguées, Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN), Niamey, Niger

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

ABSTRACT: *Vigna subterranea* (commonly known as bambara groundnut) is a neglected and underutilized crop, predominantly cultivated by women on small plots in West Africa. Despite its importance in rural areas, no improved varieties are available in the Sahel countries. Although used for both its edible grains and as forage by rural farmers, very few studies have focused on the forage potential of this species. This study aims to assess the genetic variability and heritability of biomass production traits in eight morphotypes of *Vigna subterranea* collected from southern Niger. The traits studied include plant height (PH), number of leaves (NL), number of branches (NB), and fresh biomass weight (FBW). The experiment was conducted using a randomized complete block design with three replications. The Kruskal-Wallis test revealed a significant difference between the morphotypes only for fresh biomass weight ($P = 0.002$). However, substantial variability was observed for all traits studied. The phenotypic coefficient of variation (PCV) and genotypic coefficient of variation (CVG) were particularly high for FBW (PCV = 79.78%, CVG = 64.4%) and low for PH (PCV = 13.07%, CVG = 5.99%). Broad-sense heritability ranged from 21% for PH to 65% for FBW, while genetic gain ranged from 1.36 for PH to 52.12 for FBW. These results indicate significant potential for the genetic improvement of these traits, which could enhance biomass productivity and resilience of *Vigna subterranea*. The implications of these findings for breeding programs are discussed.

KEYWORDS: bambara groundnut, genetic variability, heritability, neglected and underutilized species, Niger, *Vigna subterranea*.

RESUME: Le voandzou (*Vigna subterranea*) est une plante négligée et sous-utilisée, principalement cultivée par des femmes sur de petites superficies en Afrique de l'Ouest. Malgré son importance en milieu rural, aucune variété améliorée n'est disponible au Niger. Bien qu'utilisé tant pour ses grains comestibles que comme fourrage, peu d'études se sont focalisées sur son potentiel fourrager. Cette étude vise à évaluer la variabilité génétique et l'héritabilité des traits de production de fourrage chez huit morphotypes de voandzou collectés dans le sud du Niger. Les traits étudiés incluent la hauteur des plantes (HP), le nombre de feuilles (NF), le nombre de branches (NB) et le poids de la biomasse fraîche (PBF). L'expérimentation a été menée selon un dispositif en blocs complets randomisés avec trois répétitions. Le test de Kruskal-Wallis a révélé une différence significative entre les morphotypes uniquement pour le poids de la biomasse fraîche ($P = 0,002$). Cependant, une variabilité a été observée pour tous les traits étudiés. Les coefficients de variation phénotypique (CVP) et génétique (CVG) étaient particulièrement élevés pour PBF (CVP = 79,78 %, CVG = 64,4 %) et faibles pour HP (CVP = 13,07 %, CVG = 5,99 %). L'héritabilité au sens large variait de 21 % pour HP à 65 % pour PBF, tandis que le gain génétique variait de 1,36 pour HP à 52,12 pour PBF. Ces résultats indiquent un potentiel pour l'amélioration génétique du rendement en biomasse, malgré la forte influence de l'environnement. Les implications des résultats pour les programmes de sélection sont discutées.

MOTS-CLEFS: voandzou, variabilité génétique, héritabilité, espèce négligée et sous-utilisée, Niger, *Vigna subterranea*.

1 INTRODUCTION

Le voandzou (*Vigna subterranea* L. Verdc.; Syn: *Voandzeia subterranea* L. Thouars.), également connu sous le nom de pois de terre ou pois bambara, est une légumineuse, négligée et sous-utilisée, mais largement cultivée en Afrique [1] d'où elle est originaire [2], [3], [4]. Cette plante autogame joue un rôle important dans la sécurité alimentaire, le développement pastoral et la gestion durable des terres. Ses graines, riches en nutriments sont de véritables trésors nutritionnels considérées par certains auteurs comme un aliment complet et équilibré [5]. De plus, le voandzou enrichit le sol en azote grâce à sa symbiose avec des bactéries du genre *Rhizobium* [6], ce qui en fait un allié pour les pratiques agricoles durables. Sa résilience au stress hydrique et son faible besoin en intrants en font une culture adaptée pour soutenir le développement rural et les agriculteurs marginalisés [7], [8], [9].

Le voandzou est souvent qualifié de « culture du pauvre » et de « culture des femmes » en raison de la forte implication des femmes dans toutes les étapes de sa production, de la préparation du sol à la récolte [10]. C'est la troisième légumineuse la plus importante en Afrique, après l'arachide (*Arachis hypogea*) et le niébé (*Vigna unguiculata*), et est reconnue comme une « culture du nouveau millénaire » [11].

Malgré son importance, les semences améliorées de voandzou sont quasiment absentes en Afrique de l'Ouest, obligeant les agriculteurs à produire eux-mêmes leurs semences et à les maintenir au fil des générations [12]. La plupart des recherches se concentrent sur les graines destinées à la consommation humaine, tandis que les feuilles et les cosses, utilisées comme alimentation du bétail, sont souvent ignorées. Les feuilles, riches en protéines, sont précieuses pour le fourrage du bétail [13]. Du Zimbabwe, où le voandzou est appelé 'nyimo' (Shona) ou 'indlubu' (Ndebele), au Niger, en passant par le Burkina Faso, il est utilisé par les communautés rurales pour l'alimentation humaine et animale. Les fans, comprenant les tiges et les feuilles sont couramment utilisées pour nourrir le bétail, et les tourteaux de graines servent à l'alimentation des porcs, de la volaille et de certaines espèces de poissons comme le Tilapia [14], [15]. Les jeunes feuilles, riches en azote et en phosphore, sont bénéfiques pour la santé animale [16], [17].

La recherche sur la production fourragère du voandzou, en particulier sa biomasse aérienne demeure relativement limitée. L'obtention d'informations sur les divers facteurs influençant la variation des traits liés à la production de biomasse permettra d'orienter efficacement les programmes de sélection. La démarche consistant à décomposer la variation totale en composantes phénotypiques, génotypiques et environnementales, et à quantifier l'héritabilité ainsi que le gain génétique, pourrait permettre de déterminer les stratégies de sélection optimales. Ces informations sur l'héritabilité et la variabilité peuvent également éclairer la sélection des caractères individuels.

L'objectif de cette étude est d'évaluer la variabilité génétique au sein de huit morphotypes de voandzou collectés au Niger et d'estimer l'héritabilité, les coefficients de variations génotypique, phénotypique et environnementale et le gain génétique.

2 MATERIAL AND METHODS

L'étude a été menée sur le site expérimental de la Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger), durant la saison des pluies de l'année 2023.

Le matériel végétal utilisé pour cette étude se composait de huit morphotypes de voandzou, présentant des couleurs différentes, obtenus auprès d'agriculteurs locaux de la région de Dosso au Niger.

Le dispositif expérimental adopté est un dispositif en blocs complets randomisés avec trois répétitions. Chaque bloc a été subdivisé en huit parcelles élémentaires, chacune recevant aléatoirement l'un des huit morphotypes de voandzou. Chaque parcelle élémentaire était constituée de soixante-trois poquets, espacés de 20 cm tant en interligne qu'en intra ligne avec des allées de 1,5 mètre entre les blocs et 1 mètre entre les parcelles.

Les semis ont été réalisés le 19 juin 2023, avec deux graines par poquet. Un démariage a été effectué le 20e jour après semis, pour ne conserver qu'un seul plant par poquet. Les pratiques culturales recommandées telles que la préparation du sol, le défrichage, le désherbage et la fertilisation organique ont été pratiquées.

2.1 COLLECTE DES DONNÉES

Les données ont été collectées sur 15 plantes prises au hasard dans chaque parcelle utile pour chaque morphotype et chaque répétition. Six traits relatifs à la production de fourrage ont été mesurés, il s'agit de la *Hauteur de la plante* en centimètres (*HP*): mesurée 10 semaines après le semis, depuis la base de la plante jusqu'à l'extrémité de la foliole terminale (exprimée en centimètres). Toutes les autres mesures: *Nombre de branches par plante* (*NB*), *Nombre de feuilles par plante* (*NF*, estimé en multipliant le nombre de branches par 3), *Poids de la biomasse fraîche* (*PBF*) ont été faites à la récolte.

2.2 ANALYSES STATISTIQUES

Les analyses statistiques ont été faites avec le logiciel R [18]. Les données aberrantes ont été identifiées et écartées grâce à la méthode de l'intervalle interquartile (IQR). Les statistiques descriptives, notamment la moyenne, le minimum, le maximum, l'erreur standard et le coefficient de variation, ont été calculées pour chaque variable. Pour évaluer les disparités entre les morphotypes, le test de Kruskal-Wallis a été appliqué parce que l'égalité des variances entre les différents morphotypes et la normalité des données n'était pas toujours respectées. En cas de significativité, le test de Kruskal Wallis est suivi de comparaisons post-hoc par paires en utilisant le test de Dunn [19] et les valeurs p ont été ajustées selon la méthode de Holm [20].

2.3 ESTIMATIONS DES PARAMÈTRES GÉNÉTIQUES

Les composantes de variance ont été estimées afin d'appréhender la variabilité génétique au sein des morphotypes et d'évaluer les influences génétiques et environnementales sur les différents traits. Les variances génétiques (σ^2g), phénotypiques (σ^2p) et environnementales (σ^2e) ont été calculées à partir des carrés moyens des génotypes (MSG) et des erreurs (MSE).

$$Eq\ 1: \sigma^2g = \frac{MSG - MSE}{r} \times 100$$

$$Eq\ 2: \sigma^2p = \sigma^2g + \sigma^2e$$

$$Eq\ 3: \sigma^2e = MSE$$

Dans les équations, σ^2g représente la variance génétique, σ^2p désigne la variance phénotypique globale, et σ^2e représente la variance environnementale. MSG fait référence à la Moyenne des carrés des génotypes, tandis que MSE représente la moyenne des carrés des erreurs. Enfin, 'r' indique le nombre de répétitions

Les coefficients de variation phénotypique (CVP) et génétique (CVG) ont été déterminés selon les formules de Burton [21]. L'héritabilité au sens large (h^2) a été calculée suivant la formule proposée par Burton et Devane [22], tandis que le gain génétique a été calculé en utilisant les méthodes de Lush et de Johnson et al. [23], [24].

$$Eq\ 4: CVP = \frac{\sqrt{\sigma^2p}}{\bar{X}} \times 100$$

$$Eq\ 5: CVG = \frac{\sqrt{\sigma^2g}}{\bar{X}} \times 100$$

$$Eq\ 6: h^2 = \frac{\sigma^2g}{\sigma^2p} \times 100$$

$$Eq\ 7: GA \% = K \times \frac{\sqrt{\sigma^2p}}{\bar{X}} \times h^2 \times 100$$

$$Eq\ 8: GAM \% = \frac{GA}{\bar{X}} \times 100$$

Où h^2 est l'héritabilité au sens large, σ^2g est la variance génotypique, et σ^2p est la variance phénotypique, et X est la moyenne des traits. La valeur de k a été prise à 2,06 en supposant une intensité de sélection de 5 %.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 RÉSULTATS

L'analyse des données a révélé des coefficients de variation (CV) allant de 11,8 % pour la hauteur des plantes (HP), indiquant une faible dispersion des données pour cet attribut morphologique, à 52,9 % pour le poids de la biomasse fraîche (PBF). Le nombre de branches (NB) et le nombre de feuilles (NF) présentent des CV intermédiaires de 34,2 %. Pour HP, les CV varient entre 8 % (M4) et 16,6 % (M7), tandis que pour NB et NF, les CV varient de 19,3 % (M4) à 41 % (M6), PBF montre des CV plus élevés, de 25,3 % (M4) à 56 % (M6) (Table 1), cette variabilité inter variétale n'est pas très différente de la variabilité intra variétale.

La proximité des médianes et des moyennes pour tous les paramètres indique une distribution symétrique des données, suggérant une certaine stabilité dans les mesures effectuées. Cependant, le test de Kruskal-Wallis montre des différences significatives uniquement pour le poids de la biomasse fraîche ($P = 0,002$), avec des différences notables entre les morphotypes M2 et M8 ($P = 0,03$), M3 et M8 ($P = 0,002$), et M5 et M8 ($P = 0,004$).

Tableau 1. Statistiques résumés des traits mesurés par morphotype

Trait	Morphotype	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Médian	Maximum	CV
HP	M1	23,695	2,255	19,5	24,15	28,4	0,095
	M2	23,743	2,717	18,6	24,25	27,6	0,114
	M3	23,294	2,543	19,5	23,3	28,5	0,109
	M4	24,156	1,934	20,2	24,1	27,6	0,08
	M5	23,471	2,784	18,5	24,05	27,5	0,119
	M6	23,257	2,748	17,8	23,6	27,5	0,118
	M7	23,807	3,944	17,1	24,6	29,8	0,166
	M8	25,592	3,043	19,5	26,5	31	0,119
NB	M1	63,1	18,688	34	63	102	0,296
	M2	58	19,748	32	60	84	0,34
	M3	56,556	18,118	32	59,5	96	0,32
	M4	58,222	11,264	36	60	72	0,193
	M5	52,429	14,276	30	55	76	0,272
	M6	64,174	26,395	26	58	122	0,411
	M7	61,6	15,066	38	66	84	0,245
	M8	76,538	27,438	42	73	150	0,358
NF	M1	189,3	56,065	102	189	306	0,296
	M2	174	59,245	96	180	252	0,34
	M3	169,667	54,354	96	178,5	288	0,32
	M4	174,667	33,793	108	180	216	0,193
	M5	157,286	42,828	90	165	228	0,272
	M6	192,522	79,185	78	174	366	0,411
	M7	184,8	45,197	114	198	252	0,245
	M8	229,615	82,313	126	219	450	0,358
BF	M1	43,57	15,042	25,6	41,65	79,6	0,345
	M2	39,707	15,643	15,6	41,3	69,3	0,394
	M3	40,089	16,85	17,4	40,35	79,3	0,42
	M4	43,656	11,053	20,4	48	59,3	0,253
	M5	36,7	10,75	20,5	37	58,1	0,293
	M6	50,922	28,466	19,3	39,6	115,3	0,559
	M7	42,34	14,783	14,8	44,3	68,4	0,349
	M8	74,958	38,192	22,3	65,15	172,9	0,51
Statistiques résumés des traits mesurés							
Trait	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Médian	Maximum	CV	
HP	23,962	2,83	17,1	24,2	31	0,118	
NB	62,595	21,396	26	62	150	0,342	
NF	187,784	64,187	78	186	450	0,342	
BF	48,674	25,734	14,8	43,9	172,9	0,529	

VARIABILITÉ GÉNÉTIQUE, HÉRITABILITÉ ET AVANCE GÉNÉTIQUE COMME CRITÈRES DE SÉLECTION DES TRAITS MORPHOLOGIQUES DU VOANDZOU

Le tableau 2 présente les résultats d'une analyse des paramètres génétiques, notamment la variabilité, l'héritabilité et le gain génétique pour les traits de hauteur des plantes (HP), nombre de branches (NB), nombre de feuilles (NF), et poids de la biomasse fraîche (PBF).

Cette analyse de la variance phénotypique décomposée en composantes génétiques (héritables) et environnementales (non-héritables) aide à mieux comprendre la contribution de chaque facteur aux caractères étudiés.

Tableau 2. Estimations de la moyenne, des composantes de la variance, de l'héritabilité et du gain génétique pour les variables en lien avec la production du fourrage chez le Voandzou

Traits	Mean	σ^2_e	σ^2_g	σ^2_p	CVE	CVG	CVP	h^2 (%)	GA	GAM
HP	23,96	7,74	2,06	9,8	11,61	5,99	13,07	21	1,36	5,66
NB	62,59	425,92	258,31	684,23	32,97	25,68	41,79	38	20,34	32,5
NF	187,78	3833,31	2324,78	6158,09	32,97	25,68	41,79	38	61,03	32,5
PBF	48,67	525,31	982,52	1507,83	47,09	64,4	79,78	65	52,12	107,09

Mean = moyenne générale du trait; σ^2_g = variance génétique, σ^2_e = variance environnementale, σ^2_p = variance phénotypique, CVP = coefficient de variation phénotypique, CVG = coefficient de variation génétique, h^2 = héritabilité au sens large, GA = gain génétique attendu, GAM = gain génétique attendu par rapport à la moyenne.

HP: hauteur de la plante, NB: nombres de branches, NF: nombre de feuilles, PBF: Poids Biomasse Fraîche

Khan et al. (2020) ont proposé de classer les valeurs estimées des coefficients de variation phénotypique (CVP) et génétique (CVG) en trois catégories: faible (0 à 10 %), intermédiaire (10 à 20 %) et élevé (≥ 20 %). En suivant cette classification, le coefficient de variation environnemental (CVE) peut également être classé de manière similaire. Dans cette étude, des valeurs élevées (> 20 %) de CVP, CVG et CVE ont été observées pour toutes les variables analysées, à l'exception de la hauteur des plantes (HP).

Les résultats montrent que le coefficient de variation phénotypique (CVP) le plus élevé a été observé pour le poids de la biomasse fraîche (PBF) à 79,78 %, suivi du nombre de feuilles (NF) et du nombre de branches (NB) à 41,79 %, et de la hauteur des plantes (HP) à 13,07 %. En ce qui concerne le coefficient de variation génétique (CVG), les valeurs les plus élevées ont également été enregistrées pour le PBF à 64,4 %, suivi du NB et du NF à 25,68 %, et de la HP à 5,99 %. Le coefficient de variation environnemental (CVE) varie de 11,61 % pour la HP à 47,09 % pour le PBF.

Héritabilité au sens large: Selon Johnson et al. (1955) et Assefa et al. (1999), l'héritabilité au sens large peut être classée comme faible en dessous de 30 %, intermédiaire entre 30 et 60 %, et élevée au-dessus de 60 %. Dans cette étude, l'héritabilité a été classée comme intermédiaire pour le nombre de branches (NB) et le nombre de feuilles (NF) à 38 %, faible pour la hauteur des plantes (HP) à 21 %, et élevée pour le poids de la biomasse fraîche (PBF) à 65 %.

Gain génétique attendu: Le gain génétique attendu (GA) mesure le potentiel de progrès génétique grâce à la sélection basée sur les phénotypes. Le gain génétique attendu le plus élevé a été observé pour le PBF à 52,12 %, suivi du NF à 61,03 %, du NB à 20,34 %, et de la HP à 1,36 %. Le gain génétique attendu par rapport à la moyenne (GAM) était le plus élevé pour le PBF à 107,09 %, suivi du NF et du NB à 32,5 %, et de la HP à 5,66 %.

3.2 DISCUSSIONS

Les écarts importants entre les valeurs minimales et maximales ainsi que les coefficients de variation élevés des caractères étudiés indiquent une grande variabilité morphologique au sein des morphotypes étudiés. Plusieurs auteurs ont démontré l'existence d'une variabilité marquée du pois de terre au Niger [25], [26], [27].

Les données du tableau 2 révèlent que la variance génétique (σ^2_g) de tous les caractères étudiés est inférieure à la variance environnementale (σ^2_e), sauf pour le poids de la biomasse fraîche (PBF), où la variance génétique dépasse la variance environnementale. Cela indique que les facteurs environnementaux sont les principaux contributeurs à la variance observée dans ces caractères, sauf pour le PBF, où la variance environnementale reste plus élevée que la variance génétique mais inférieure à la variance phénotypique.

Concernant les coefficients de variation phénotypique (CVP), génétique (CVG) et environnemental (CVE), les résultats suggèrent que malgré une forte influence environnementale, mise en évidence par des valeurs de CVP constamment plus élevées que les CVG pour les caractères étudiés, il existe néanmoins une variabilité génétique considérable exploitable pour l'amélioration du nombre de branches (NB), du nombre de feuilles (NF) et du poids de la biomasse fraîche (PBF). Les résultats suggèrent également que l'efficacité de la sélection basée uniquement sur les données phénotypiques pourrait être réduite en raison des fortes valeurs de CVP, toujours supérieures à celles de CVG.

Des valeurs légèrement différentes ont été obtenues par divers chercheurs, ce qui peut s'expliquer par plusieurs raisons. En effet, les études utilisent différentes lignées ou accessions de voandzou, qui peuvent avoir des niveaux de variabilité génétique distincts, et les expériences, bien que toutes conduites en blocs complets randomisés, ont été réalisées dans des environnements différents, influençant ainsi les variances environnementale et phénotypique.

Khan et al. [11] ont travaillé sur 15 variétés traditionnelles de voandzou en Malaisie, suivant un dispositif en bloc randomisé avec 3 répétitions. Ils ont rapporté pour la hauteur des plantes (HP) une moyenne de $24,36 \pm 0,39$, un coefficient de variation (CV) de 10,69, un CVP de 10,66, un CVG de 4,53, une héritabilité (H_e) de 18,9 et un gain génétique (GA) de 3,97. Pour le nombre de branches (NB), ils ont obtenu une moyenne de $34,82 \pm 1,47$, un CV de 28,32, un CVP de 28,98, un CVG de 28,23, une héritabilité de 94,89 et un gain génétique de 56,65. Pour le nombre de feuilles (NF), ils ont obtenu une moyenne de $894 \pm 35,07$, un CV de 26,29, un CVP de 26,86, un CVG de 25,38, une héritabilité de 89,28 et un gain génétique de 49,40. Enfin, pour le poids frais de la biomasse (BF), ils ont obtenu une moyenne de $316,85 \pm 20,38$, un CV de 43,15, un CVP de 44,14, un CVG de 43,63, une héritabilité de 97,68 et un gain génétique de 88,82.

Jonah et al. [28] ont étudié 12 génotypes de voandzou suivant un bloc complet randomisé avec 3 répétitions au Nigéria. Ils ont rapporté pour la hauteur des plantes un CVG de 8,90, un CVP de 11,89, une héritabilité de 34,9 et un gain génétique de 6,8 pour HP.

Onwubiko et al. [29] ont étudié 33 lignées de voandzou au Nigeria. Ils ont rapporté pour la hauteur des plantes un CVG de 13,42, un CVP de 64,15, une héritabilité de 20,91 et un gain génétique de 43,08 pour HP, avec une variance phénotypique de 14,01 et une variance génétique de 2,93. Pour le nombre de feuilles, Onwubiko et al. ont rapporté un CVG de 418,12, un CVP de 872,54, une héritabilité de 47,91 et un gain génétique de 98,71, avec une variance phénotypique de 2323,33 et une variance génétique de 1113,33.

Khan et al. [30] ont travaillé en Malaisie sur 115 accessions de voandzou suivant un bloc complet randomisé avec 3 répétitions. Ils ont rapporté pour la hauteur des plantes un CVG de 10,94, un CVP de 12,33, une héritabilité de 78,71, un gain génétique de 20 (GAM), une variance phénotypique de 11,21, une variance génétique de 8,82 et une variance environnementale de 2,39. Pour le nombre de branches, ils ont obtenu un CVG de 12,67, un CVP de 20,66, une héritabilité de 37,61, un gain génétique de 16 (GAM), une variance phénotypique de 50,96, une variance génétique de 19,17 et une variance environnementale de 31,8.

Olanrewaju et al. (2021) ont travaillé au Nigéria sur 95 accessions de voandzou collectées dans la banque de gènes de l'IITA (International Institute of Tropical Agriculture) localisée à Ibadan, suivant un bloc complet randomisé avec 3 répétitions. Ils ont rapporté pour la hauteur des plantes un CVG de 14,86, un CVP de 27,47, une héritabilité de 29, un gain génétique de 4,2 et un gain génétique de la moyenne (GAM) de 16,56, avec une variance phénotypique de 48,56 et une variance génétique de 14,21. Pour le nombre de branches, ils ont obtenu un CVG de 12,67, un CVP de 20,66, une héritabilité de 37,61, un gain génétique de 16 (GAM), une variance phénotypique de 50,96, une variance génétique de 19,17 et une variance environnementale de 31,8.

Kambou et al. ont étudié 19 variétés traditionnelles de voandzou collectées dans les 3 zones agro climatiques du Burkina Faso suivant un bloc randomisé avec 3 répétitions. Ils ont obtenu pour la hauteur des plantes une moyenne de 19,11, un CV de 7,23, un CVG de 3,26, une héritabilité de 20,35 et un gain génétique de 57,96.

IMPLICATIONS POUR LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

Les résultats de cette étude démontrent clairement l'importance de cibler des caractères avec des héritabilités élevées et des gains génétiques substantiels pour l'amélioration de la culture du voandzou. En particulier, l'amélioration du rendement en biomasse fraîche (PBF) semble prometteuse grâce à la sélection génétique, en raison de sa haute héritabilité ($h^2 = 65\%$) et de son potentiel de gain génétique (GA = 52.12). Selon Johnson et al. (1955), une haute héritabilité combinée à un gain génétique élevé suggère une action génique additive, ce qui facilite la sélection efficace pour ce caractère.

Des caractères tels que le nombre de branches (NB) et le nombre de feuilles (NF), bien que présentant des héritabilités modérées ($h^2 = 38\%$), offrent également un potentiel considérable pour augmenter le rendement global. Toutefois, comme indiqué par Ntawuruhunga [31], l'amélioration de caractères avec une héritabilité modérée est plus chronophage en raison de la faible variance génétique. Singh & Sharma (1993) souligne également que des estimations d'héritabilité faibles à modérées rendent la sélection difficile car les facteurs environnementaux peuvent masquer les effets génétiques.

Les programmes de sélection doivent donc tenir compte des conditions environnementales en particulier des interactions génétique-environnement et de la variabilité génétique pour maximiser l'efficacité de la sélection du fourrage chez le voandzou. Les fortes valeurs de coefficient de variation phénotypique (CVP) par rapport aux coefficients de variation génétique (CVG) pour les caractères étudiés indiquent une forte influence environnementale, ce qui nécessite une approche rigoureuse pour distinguer les effets génétiques des effets environnementaux.

4 CONCLUSIONS

Cette étude a évalué huit morphotypes de voandzou afin de comprendre la variabilité génétique et l'héritabilité des principaux traits de production de biomasse. De fortes variabilité génétiques ont été observées pour le poids de la biomasse fraîche et le nombre de feuilles, indiquant un potentiel substantiel pour l'amélioration génétique de la biomasse chez cette culture. Les résultats montrent clairement que la variabilité génétique et l'héritabilité élevées de certains traits de production de biomasse chez le voandzou peuvent être exploitées pour améliorer cette culture.

L'héritabilité élevée et le gain génétique significatif observés pour le poids de la biomasse fraîche suggèrent que ce trait est particulièrement pertinent pour une sélection ciblée. Ces résultats enrichissent notre compréhension de la diversité génétique du voandzou et fournissent une base pour le développement de variétés améliorées, avec des traits de production de biomasse et de graines supérieurs, deux éléments essentiels pour les agriculteurs ruraux.

Malgré ces résultats prometteurs, des défis persistent, tels que des estimations d'héritabilité faibles à modérées pour certains traits et l'influence des facteurs environnementaux sur leur expression, soulignant la complexité de la sélection pour les traits désirés. Pour relever ces défis, des stratégies de sélection innovantes, incluant des outils génomiques et des techniques de phénotypage avancées, seront nécessaires pour améliorer l'efficacité de la sélection et accélérer le gain génétique.

REFERENCES

- [1] W. H. Ntundu, S. A. Shillah, W. Y. F. Marandu, and J. L. Christiansen, 'Morphological diversity of Bambara groundnut [*Vigna subterranea* (L.) Verdc.] landraces in Tanzania', *Genet. Resour. Crop Evol.*, vol. 53, pp. 367–378, 2006.
- [2] S. M. Basu *et al.*, 'Inheritance of «domestication» traits in Bambara groundnut [*Vigna subterranea* (L.) Verdc.]', *Euphytica*, vol. 157, pp. 59–68, 2007, doi: 10.1007/s10681-007-9396-4.
- [3] C. Author, P. Jonah, B. Aliyu, A. Kadams, and D. Wamannda, 'Variation in Pod Yield Characters and Heritability Estimates in Some Cultivars of Bambara Groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.)', *Academic Journal of Plant Sciences*, vol. 5, no. 2, pp. 50–55, 2012, doi: 10.5829/idosi.ajps.2012.5.2.61100.
- [4] M. M. H. Khan, M. Y. Rafii, S. I. Ramlee, M. Jusoh, and M. Al-Mamun, 'Bambara groundnut (*Vigna subterranea* L.): A climate-resilient crop to address food and nutritional security', *Journal of Underutilised Crops Research*, vol. 3, no. 1, Mar. 2024, doi: 10.4102/jucr.v3i1.2.
- [5] M. M. H. Khan, M. Y. Rafii, S. I. Ramlee, M. Jusoh, and M. Al Mamun, 'Genetic analysis and selection of Bambara groundnut (*Vigna subterranea* [L.] Verdc.) landraces for high yield revealed by qualitative and quantitative traits', *Sci Rep*, vol. 11, no. 1, Dec. 2021, doi: 10.1038/s41598-021-87039-8.
- [6] J. P. Baudoin and G. Mergeai, 'Grain legumes in crop production in tropical Africa', *Annu. Rep.*, vol. 25, pp. 313–317, 2001.
- [7] P. Chivenge, T. Mabhaudhi, A. T. Modi, and P. Mafongoya, 'The potential role of neglected and underutilised crop species as future crops under water scarce conditions in Sub-Saharan Africa', *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 12, pp. 5685–5711, 2015.
- [8] D. V Harouna, P. B. Venkataramana, P. A. Ndakidemi, and A. O. Matemu, 'Under-exploited wild *Vigna* species potentials in human and animal nutrition: A review', *Glob. Food Secur.*, vol. 18, pp. 1–11, 2018.
- [9] O. E. Olayide and others, 'Assessing socioeconomic factors influencing production and commercialization of Bambara groundnut as an indigenous climate resilient crop in Nigeria', in *Handbook of Climate Change Resilience*, W. Leal Filho, Ed., Cham, Switzerland: Springer, 2018.
- [10] M. Oyugi, O. M. J. Nandi, D. Amudavi, and V. Palapala, 'Influence of gender on farmers' level of involvement in Bambara production activities in Western Kenya', *Asian J. Agril. Ext. Econ. Sociol.*, vol. 4, pp. 231–246, 2015.
- [11] M. M. H. Khan and others, 'Genetic analysis and selection of Bambara groundnut (*Vigna subterranea* [L.] Verdc.) landraces for high yield revealed by qualitative and quantitative traits', *Sci Rep*, vol. 11, no. 1, p. 7597, 2021.
- [12] A. K. Naino Jika, Z. Kiebre, M. Ba, P. Banazaro, F. Grazioli, and H. El Bilali, 'Custodian farmers of Bambara groundnut and sorrel seeds in Mossi area of Burkina Faso: Profile, diversity and conservation methods', *AGROFOR International Journal*, vol. 8, no. 2, 2023.
- [13] J. Heller, F. Begemann, and J. Mushonga, Bambara groundnut, *Vigna subterranea* (L.) Verdc. 1997.
- [14] A. Mazahib, M. Nuha, I. Salawa, and E. Babiker, 'Some nutritional attributes of Bambara groundnut as influenced by domestic processing', *Int. Food Res. J.*, vol. 20, p. 1165, 2013.
- [15] R. A. Halimi, B. J. Barkla, S. Mayes, and G. J. King, 'The potential of the underutilized pulse bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) for nutritional food security', *J. Food Compos. Anal.*, vol. 77, pp. 47–59, 2019.
- [16] G. Keller, 'African nightshade, eggplant, spider flower et al.—Production and consumption of traditional vegetables in Tanzania from the farmers point of view', *J. Crop Sci.*, vol. 6, pp. 368–390, 2014.
- [17] A. Rassel, 'Le voandzou (*Voandzeia subterranea* Thouars) et sa culture au Kwango', *Bulletin. Agricole du Congo Belge et du Ruanda-Burundi*, vol. 51, pp. 1–26, 1960.
- [18] R Core Team, 'R: A Language and Environment for Statistical Computing'. Vienna, Austria, 2013.
- [19] P. Nemenyi, 'Distribution-Free Multiple Comparisons', Princeton University, Princeton, NJ, USA, 1963.
- [20] S. Holm, 'A Simple Sequentially Rejective Multiple Test Procedure', *Scand. J. Stat.*, vol. 6, pp. 65–70, 1979.
- [21] G. W. Burton, 'Quantitative inheritance in grasses', in *Proc. 6th Int. Grassland Cong.*, 1952, pp. 227–283.
- [22] G. W. Burton and E. H. Devane, 'Estimating heritability in tall fescue (*Festuca arundinaceae*) from replicated clonal material', *Agron. J.*, pp. 478–481, 1952, doi: 10.2134/agronj1953.00021962004500100005x.
- [23] J. L. Lush, *Biometrical Studies in Plant Breeding*. New Delhi: Kalyani Publ., 1949.
- [24] H. W. Johnson, H. F. Robinson, and R. E. Comstock, 'Estimates of genetic and environmental variability in Soybeans', *Agron J.*, vol. 47, no. 7, pp. 314–318, 1955.

- [25] Y. B. Z. A. M. A. D. and I. M. B. Amadou HAROUNA ISSA, 'Diagnostic participatif de la diversité de morphotypes et des connaissances locales en matière de culture du Voandzou (*Vigna Subterranea* L.) au Niger', *Int J Innov Appl Stud*, vol. 9, pp. 1915–1925, 2014.
- [26] Dan-jimo Baina, Issa Zakari Mahaman Mourtala, Mahamadou Malam Abdou, and Abdou Razakou Ibrahim Bio Yerima, 'Étude de la Variabilité agro morphologique de 81 accessions de Voandzou [*Vigna subterranea* (L.) Verdc] au Niger', *J Appl Biosci*, vol. 184, no. ISSN 1997-5902, pp. 19181–19196, Apr. 2023.
- [27] O. Zango, R. Abdou, S. A. Salamatou, A. S. T. Kouassi, and B. Yacoubou, 'Agro-Morphological Variability in Eight Bambara Groundnut (< i> Vigna subterranea< /i> (L.) Verdc.) Morphotypes from Zinder (Niger) ', *Agricultural Sciences*, vol. 14, no. 01, pp. 1–10, 2023, doi: 10.4236/as.2023.141001.
- [28] P. M. Jonah, O. T. Adeniji, and D. T. Wammanda, 'Variability and genetic correlations for yield and yield characters in some Bambara groundnut (*Vigna subterranea*) cultivars', *Int. J. Agric. Biol.*, vol. 12, pp. 303–307, 2010.
- [29] N. C. Onwubiko, M. I. Uguru, and G. O. Chimdi, 'Estimates of genetic parameters in Bambara groundnut *Vigna subterranea* (L.) VERDC.', *Plant Breed Biotechnol*, vol. 7, no. 4, pp. 295–301, 2019.
- [30] M. M. H. Khan, M. Y. Rafii, S. I. Ramlee, M. Jusoh, and A. Mamun, 'Genetic Variability, Heritability, and Clustering Pattern Exploration of Bambara Groundnut (*Vigna subterranea* L. Verdc) Accessions for the Perfection of Yield and Yield-Related Traits', *Biomed Res Int*, vol. 2020, p. 2195797, 2020, doi: 10.1155/2020/2195797.
- [31] P. Ntawuruhunga and A. G. O. Dixon, 'Quantitative variation and interrelationship between factors', 2010.

Artisanal processing of cassava and degradation of the living environment in the Guemon region-Côte d'Ivoire

Ouattara Yagnama Rokia-Coulibaly

Centre de Recherche en Ecologie, Université NANGUI Abrougoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The processing of cassava in an artisanal manner remains the preferred means for better valorization of this product in Côte d'Ivoire and particularly in the Guémon region. The management of the waste that comes out is one of the concerns of environmental management, because it is one of the problems faced by all human establishments, particularly those in the informal and artisanal sector. This artisanal transformation of cassava into attiéké, paste (placali), tapioka, flour, gari, attoukou and starch induces the production of organic and liquid waste which is difficult to control in an urban environment. The objective of this study is to evaluate the management of waste from these artisanal cassava processing units and their impact on the living environment in the Guémon region. The method used was based on the use of documentary data, direct observations enriched by field surveys based on a questionnaire addressed to the population and semi-directive interviews with cooperatives. It appears from field investigations that these artisanal units are faced with the problem of managing solid waste and wastewater resulting from their activity. There is no involvement of local authorities, nor of the national waste management agency, the institution in charge of waste management. Only 20% of solid waste consisting of cassava peels is reused and the rest, as well as wastewater, are dumped uncontrolled into the natural environment. This management model impacts the living environment and induces environmental problems such as foul odors, unsanitary conditions, soil degradation and air pollution.

KEYWORDS: waste management, degradation, cassava, informal activity, urban.

1 INTRODUCTION

Cassava, considered a food crop, is one of the most important edible roots in Africa. It is a staple food for more than 500 million people worldwide and represents a food source for approximately 80 percent of people in sub-Saharan Africa (Rural 21, 2020, p4). This is why NEPAD (cited by USAID/ CORAF/ SANGHAI, 2010, p10) has, on the one hand, identified cassava as a crop aimed at reducing poverty and, on the other hand, developed an outlet strategy for the sub-sector based on the General Cassava Development Strategy (SGDM). This choice is partly due to the importance of the crop as a reserve in the event of famine, its production being relatively simple, and requiring fewer agronomic inputs, with little or no fertilization. Through its production, processing and marketing, cassava also constitutes a main source of income for households. In Ivory Coast, cassava cultivation is one of the most practiced activities in the different forest regions, particularly in the Guemon region. In 2017, Ivorian cassava production was 5,000,667 tonnes and was the second largest food crop after yam (CNRA 2021, p8). A staple food in Côte d'Ivoire, this crop is well integrated into several cropping systems. Indeed, the populations, to ensure their own subsistence, in the past, the production of cassava was done in association with other crops, notably rainfed rice in the Guemon region. This traditional system, with very little mechanization, has given way to a cropping system exclusively devoted to cassava which is considered today as a cash crop by the populations. The plantations are carried out on yam mounds. The most used varieties are *Bonoua*, *Yacé* and *Alindaagba* which are local cultivars from other regions of the country and which have a low yield ranging between 6 and 12 t/ha (CNRA, 2013, P1). The major production areas are the localities of Duekoué (17,000 ton), Guézon (13,000 tons), Guéhiébli (9,375 tons), Gbapleu (9,100 tons) and Bagohouo (8,840 tons). For the 2020 campaign, all varieties combined and for the entire Guémon Region, over an area of 2,215 ha, a total production of 57,590 tons was recorded, half of which was made from four very popular traditional local varieties with names in languages. terroir.

Cassava being a very perishable commodity, conservation and processing remain the preferred means for better valorization of this product. But this artisanal processing of cassava impacts the urban environment. This situation, the effects of which are visible to all, causes significant nuisance for residents and has harmful consequences on the health of populations, the environment and resources. Urban areas like Duekoué and Bangolo are large producers of cassava and processing is carried out by small traditional units. The complex Dove of Peace association in Bangolo and the dynamic women based in Duékoué are groups of women whose main activity is the artisanal processing of cassava into attiéké, placali, tapioka, attoukou and starch.

However, all cassava by-products all produce solid and liquid waste. These starch-based wastes cause foul odors, nuisances in their immediate environment. It is therefore appropriate to take into account these different dimensions of the degradation of the living environment linked to artisanal cassava processing and to put in place measures to limit the negative impacts on the environment and on the quality of life of the populations concerned.

2 METHODOLOGY

2.1 THE FRAMEWORK OF THE STUDY

The Guemon Region is located in the west of Cote d'Ivoire and extends over an area of 6695 km² or 2 % of the national territory. It is limited to the north by the Worodougou region, to the east by the Haut Sassandra region, to the west by the Cavally and Tonpki regions and to the south by the Nawa region. (figure 1). The region is subject to high rainfall with an annual average oscillating between 1500 And 2.000 mm of rain. The annual average temperature is 25 ° C with a maximum of 26.7 ° C in March.

It has a rugged terrain, dotted with hills and mountain ranges, the most important of which are the Peko Mountain (1004 m), the Klahoyo Mountain (1115 m) Between these mountains there are numerous plains which accomodate all agricultural activities.

The hydrographic connection between the Cavally River and the Sassandra River is dense and characterized by three Sub-watersheds, Which are: (i) the G u é m on Sub-basin draining the Duékoué, (ii) the N'Zo Sub-basin draining the G u i g l o area (note that the Guémon and N'zo are two tributaries of the sassandra river) and (iii) the N' ze Sub-basin draining the Z agan and Tai area. This watercourse, unlike the first two cities, is a tributary of the Cavally river.

The Region is located in an ecological Zone characterized by dense and humid forest vegetation of the Semi-deciduous type. It is very rich in marketable Species such as *sipo*, *le kossipo*, *Niangon*, *tiam*, *lingue*, *fraké*, Which unfortunately tend to disappear under the pressure of uncontrolled logging and Slash and burn type agriculture. And more and more extensive indue to high demographics. It is a mountainous region which enjoys a Baouleen type climate, with an equatorial regime of attenuated transition. This climate is an asset both for perennial crops (coffee, cocoa, rubber, palm oil, etc.) as well as for crops market gardeners. Thus, the population is showing increasing interest in the cultivation of cassava with the development of new varieties contributing to the change logic in production logic which is increasingly moving towards commercial agriculture. This is why today the income earned from this crop by producers is increasing (gross margin: 190,000 FCFA/ha), which could be a means of empowering women, the main actors in the value chain.



Fig. 1. Study zone, Guemon Region

2.2 OF COLLECTION AND ANALYSIS

The methodological approach was based on a document review, the realization of the semi - structured interviews and the administration of a questionnaire. The bibliographic review consisted in the consultation of the various works (memory, theses, reports, etc.) and on the Internet. The participatory approach based on semi-structured interviews and questionnaires was used to obtain qualitative and quantitative data on the process of production, consumption, conservation and waste

management. Non-governmental organizations such as the women's group of the Colomb de la Paix association in Bangolo and the Dynamic Women association in Duekoué were the main targets of this study. The semidirective interviews concerned the managers of the units and the technical services of the Town Halls in order to understand the process of collection and management of solid and liquid waste from these artisanal cassava processing units. A questionnaire was administered to members of these associations (35 people) and households near the production units (5). Of the 35 people, 20 people come from the NGO Colomb de la Paix and 15 from the Dynamic Women unit of Duékoué. To this technique is added that of direct observation of practices and the environmental framework. During the observation, photographs were taken. The data collected was processed using Excel and Word software and QGIS 3.28.1. software, to create the map.

3 RESULTS

3.1 THE IMPORTANCE OF CASSAVA IN THE GUEMON REGION

3.1.1 ACTORS INVOLVED IN CASSAVA PRODUCTION

The main actors involved in the cassava sector in the Guemon region are: the regional directorate of the Ministry of Agriculture, Rural Development and Food Production, the national agency to support rural development, the National Research Center Agronomic, the office supporting the marketing of food products and private operators made up of input distributors, producers, transporters, individual traders or cooperatives and processors.

3.1.1.1 INSTITUTIONAL ACTORS

The activities of the regional directorates focus on the supervision of producers in the region, through their training in technical itineraries, support for securing their farms through the establishment of land certificates or medium-term rental contracts. or long term and to support the acquisition of processing and conservation equipment and materials (mill, press, conservation packaging, tricycle).

The national rural development support agency and the National Agronomic Research Center work together to set up trials and popularize research results and support cassava producers in the region.

The food products marketing assistance office supports producers in the marketing of cassava through the production of an information bulletin on prices and the search for outlets for the sale of production.

3.1.1.2 PRIVATE ACTORS

The private sector, made up of non-governmental organizations, supports certain organizations through some technical support (improved cuttings, tools and small agricultural equipment).

Concerning producers, individual or grouped in cooperatives, they are essentially made up of women who use part of the production for self-consumption and sell a large part in the form of tubers.

The processing units (processors), some of which use some motorized equipment consisting of grinders, presses and dryers for the transformation of cassava into paste for the manufacture of its by-products (attiéké, placali, foutou, toh, flour, starch, gari, bread, cake, etc.). The traders are made up of wholesalers and/or retailers.

3.1.2 CASSAVA PRODUCTION

The Guémon region has experienced significant developments in its cassava growing system. In the past, in order to ensure their subsistence, farmers practiced the cultivation of cassava in association with other crops such as rainfed rice. This traditional system, with little mechanization, has since given way to a growing system entirely dedicated to cassava, now considered an income-generating crop by the inhabitants of the region given its contribution to income. The major production areas are the localities of Duekoué (17,000 tons), Guézon (13,000 tons), Guéhiébli (9,375 tons), Gbapleu (9,100 tons) and Bagohouo (8,840 tons), see figure 2.

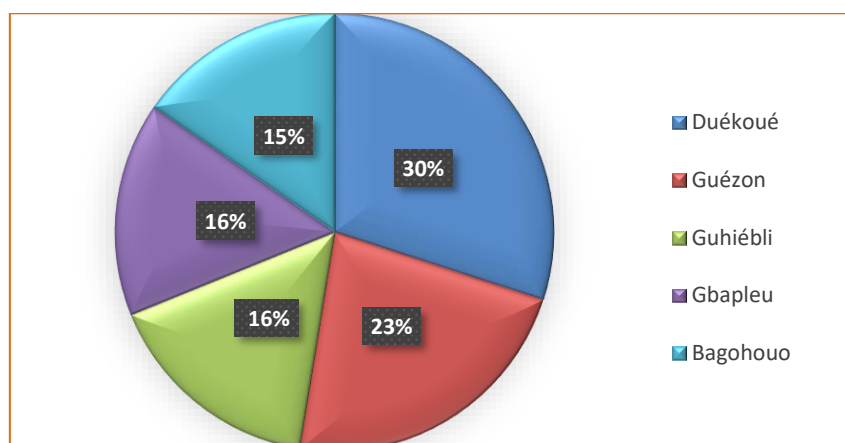


Fig. 2. Distribution of large production areas

Source: Our surveys, ANADER 2021.

It appears from our investigations that cassava is an easy, less restrictive and processing crop, because it is easy to cultivate and tolerates difficult climatic conditions well, which makes it a crop accessible to women, even with few resources or resources. agricultural experience. Additionally, cassava is a versatile crop that can be used as both a staple food and a source of income (processed or not), which provides women with the opportunity to add value to their harvest and diversify their sources of income. Cassava is known for its resilience in the face of climatic hazards, such as drought or poor soils.

3.2 SOCIO-DEMOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF TRANSFORMERS

3.2.1 GENRE

The artisanal processing of cassava in the Guemon region presents certain specific sociodemographic characteristics. They are, of course, mainly from rural areas where cassava cultivation is very widespread, but they work in urban areas. These people have family experience passed down from generation to generation in the field.

In terms of age, we observe a mix of young people and adults (figure 3). Young people are often involved in this activity to contribute to family income or as a first professional experience. Adults, for their part, have chosen cassava processing as a profession in its own right for some, and for others, it is carried out in addition to other agricultural activities.

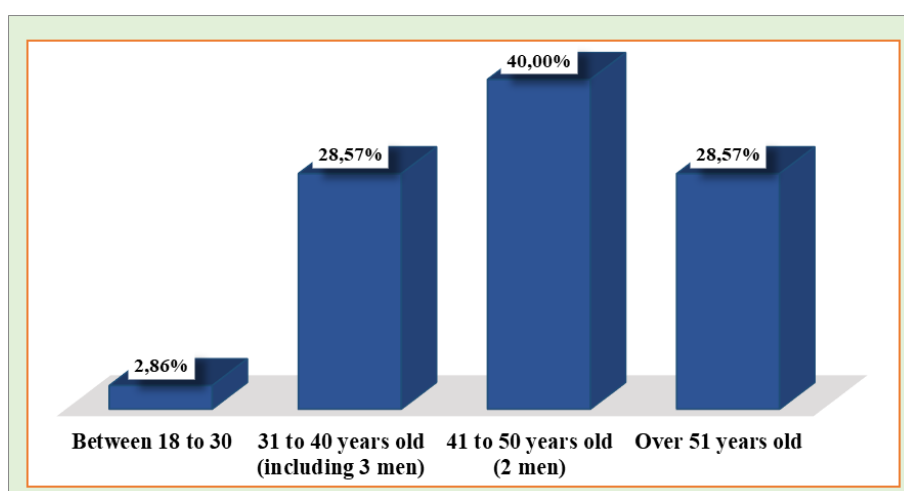


Fig. 3. Age group of artisanal processors

Source: Surveys, 2023

The analysis of Figure 2 shows that the largest age group is that between 41 and 50 years old, which represents 40% of the members. The age group between 18 and 30 years old are the least numerous and those between 31 to 40 years old and over 50 years 'old each represent 28.6% of the members of these units. This activity, practiced full-time, allows them to contribute to family expenses.

In terms of gender, cassava processing is dominated by women at 86%. Only 14% of men are involved in cassava processing in the Guemon region. The two units investigated only have five (5) men out of fifty-five (55) people. Regarding their marital status, the majority of transformers live as a couple (figure 4).

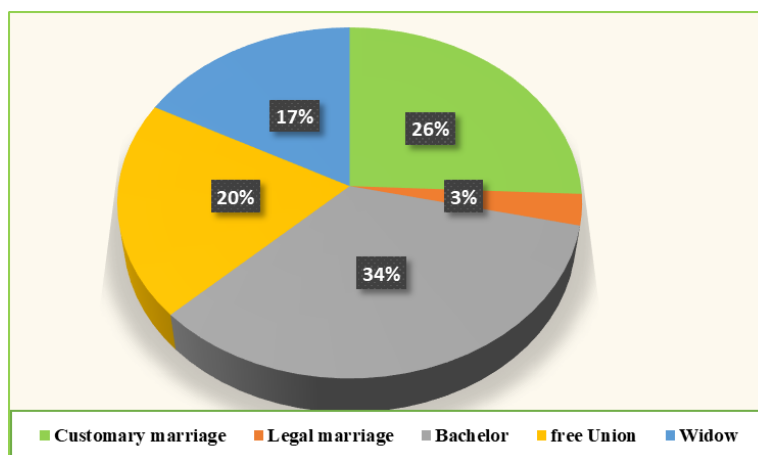


Fig. 4. Marital situation of producers of cassava products

Source: 2023 survey

The analysis of figure 4 shows that the number of people in a married situation is greater (63%) with 37% in formal marriage (customary and legal) and 26% living in a common-law union (living with their partners). On the other hand, women living in a widowed situation are not negligible with 17% of women concerned and single people represent 20%. In addition, widowed women have children between 4 and 8 in their care. This activity is therefore practiced by these women with the primary aim of being able to cover the numerous expenses they face daily and clearly explain their motivation to work in cassava processing although age is advanced for some.

Furthermore, the level of education remains very low (figure 5). They have varying levels of education, ranging from illiteracy to limited formal education. However, the skills needed for this cassava business are mainly acquired through practical experience and knowledge transfer within organizations.

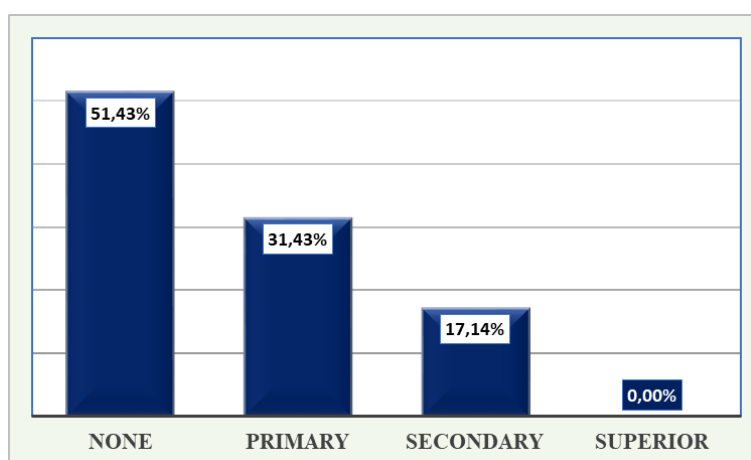


Fig. 5. Educational level of artisanal cassava processors

Source: 2023 survey

Figure 5 indicates that 51.43% of the members of these organizations are illiterate, with 31.43% having a primary level and 17.14% having a secondary level. None of the members have the

Undergraduate diploma. More than half of the women have more than 10 years in the cassava processing profession.

Regarding socio-economic status, cassava processors come from different socio-economic classes. Some are family farmers who process cassava for their own consumption or for sale on the local market, while others are in the entrepreneurial system who own small semi-motorized artisanal processing units.

3.3 THE ORGANIZATION OF WORK IN ARTISANAL CASSAVA PROCESSING UNITS

Cassava processing is mainly done in artisanal units by women organized in associations. It involves several steps, such as peeling, washing, grinding, fermentation, draining and drying. In artisanal production units, these steps are carried out by different people, each specialized in a specific task. This is the example of the non-governmental organization Colombe of Bangolo, whose president organizes and distributes roles. On the other hand, some work individually in alternation in the members' common space (case of the dynamic women of Duekoué). Of the 20 members of the Colombe non-governmental organization, a program of 10 people per week is established. One of the teams of 10 is made up of 7 women and 3 boys. Among the 7 women, 4 are involved in the process, from peeling to sieving and the other 3 women are involved in cooking. She employs daily workers to help the women of the association. As for the 3 boys, they are reserved to work only on the machine including grinding, transporting the material from the house to the grinding site and all activities requiring more physical energy. In fact, the non-governmental organization has some mechanized equipment, including a grinder, a spin dryer and a meal grinder (figure 6 & 7). Which makes it a somewhat technologically advanced unit unlike the Association of Dynamic Women where the entire process is almost manual apart from the external grinding service.



Fig. 6. A meal grinder and a spinner the Colomb de Bangolo association



Fig. 7. Peeling and washing session

Shooting: Ouattara YR, November 2023

In short, the production of cassava derivatives remains artisanal in the towns of Duekoué and Bangolo, due to the equipment used with a convergence towards the semi-industrial, taking into account the efforts to optimize activities with some motorized tools (A grinder, spinners, a lump grinder and a semolina grinder).

3.4 CASSAVA, A BOON FOR WOMEN

Cassava processing provides important support for women. It grants them financial autonomy, especially for out-of-school and illiterate women. Women are involved in the production chain from cultivation to finished products. Indeed, cassava comes from various places, notably in the markets of the town of Bangolo, in the surrounding villages such as Logoulé and Douadé, both located on the Bangolo-Man axis; but also the fields of certain members of the group. During the rainy seasons, cassava is within easy reach because it can be found almost everywhere and at very reasonable prices. This favorable period for women cassava processors is generally between the months of July to September or even October. Over this period, the price of a 120 kg bag is between 6000F and 8000F on the market. Regarding unfavorable periods (lean season), it must be said that cassava is very rare so the purchase price which was either 6000 to 8000F for the 120 kg bag increases to 12000 or even 15000F depending on the rarity of the product. To compensate for this deficit during unfavorable periods, around ten women from the Colombe non-governmental organization (50%) invested in cassava cultivation as did 46.4% of dynamic women. They have cassava fields of approximately 1 to 2 hectares of cultivable land. This method allows women to always have raw materials. They are quite motivated for different reasons (figure 8).

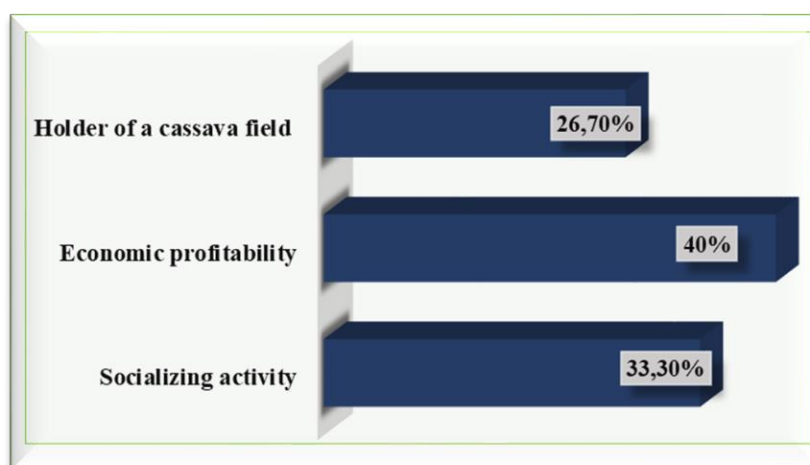


Fig. 8. Motivation of women to work in artisanal cassava processing

Source: Our Surveys, 2023

Women account for 40% of artisanal cassava processing because it is an economic boon for them. This is the way for them to do an income-generating activity. 33.3% of women come to this activity, because it is the only option available to them for financial independence. This activity allows them to integrate into a professional environment and contributes to their development. However, 26.7% of women process part of their farm production themselves, because they own cassava fields. Note that at the economic level, profitability is average. Indeed, for an investment of 25,000 FCFA for the purchase of cassava including transport (3 bags of cassava of 120 kg), the finished product is sold at 30,000 FCFA, i.e. a profit of 5,000 FCFA per production corresponding to 6 baskets of attiéké (the most produced derivative). However, this profitability depends on the seasonal nature of cassava cultivation, work in artisanal production units can vary throughout the year. Harvest periods are generally busier, while lean periods can be quieter.

In summary, the cultivation and processing of cassava offers women a certain autonomy and a feeling of empowerment. They offer women numerous opportunities for subsistence, income and autonomy. Its accessible culture, transformational opportunities, versatility and resilience make it a valuable resource that helps improve the lives of women and their communities.

3.5 MARKETING OF PRODUCTS DERIVED FROM CASSAVA FROM ARTISANAL UNITS IN BANGOLO AND DUÉKOUÉ

In the towns of Bangolo and Duekoué, cassava is processed in several forms, including attiéké, placali, gari and attoukou (figure 9). But the most important marketing objects are attiéké and placali. However, it should be noted that placali (cassava paste) is only made to order (02 to 03 bags of 50 kg per week).

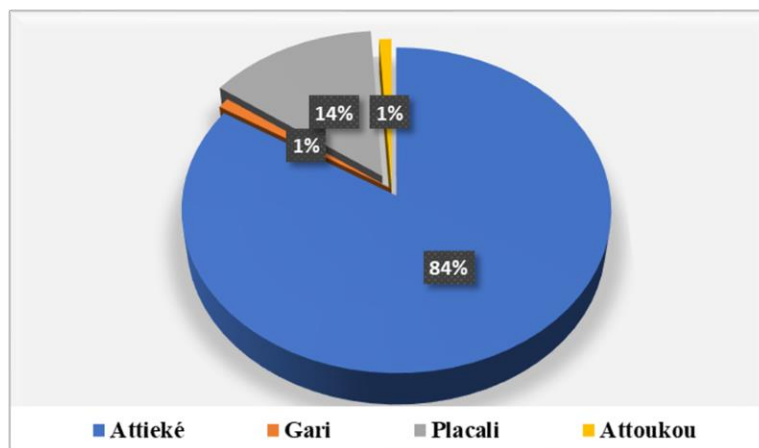


Fig. 9. Cassava derivatives sold by artisanal units in Duékoué and Bangolo

Source: Our survey, 2023

Figure 9 shows the share of each finished product from cassava. From this analysis, it appears that 84% of cassava processing is devoted to the manufacture of Attiéké compared to 14% for placali, 1% for each of the two products (gari and attoukou). Gari and attoukou are made to order, unlike attiéké which is the main derivative of cassava in the region. It should be noted that the high percentage of production of Attiéké is explained by the fact that it is the product most demanded by consumers, but also, according to women, seems to be less tiring. Regarding marketing, the dynamic women's association of Duekoué sells 105 bowls/baskets of 20 kg per day, or 315 bowls of attiéké per week, which is equivalent to 37,800 kg per week. As for the complex peace dove association of Bangolo, it sells 400 kg per day, or 1200 kg per week. It appears that these two groups of women, comprising 55 people, produce on average 39,000 kg of finished products per week. These finished products, notably attiéké, are sold locally, in neighboring villages and a little in Abidjan (see figure 10).

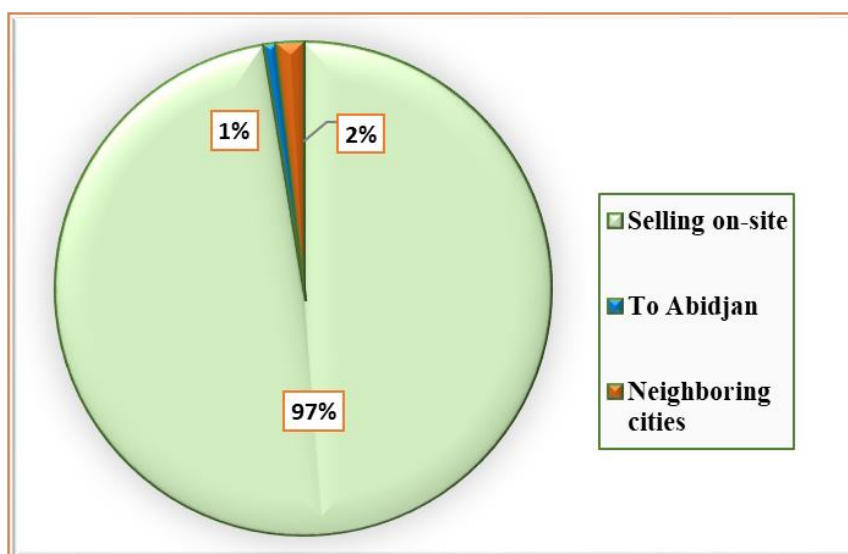


Fig. 10. Marketing of the sale of attiéké, Source: Our survey, 2023

Analysis of the graph indicates that 99% of the attiéké produced in the Guemon region is locally consumed. Only 1% is sold in Abidjan. It appears that attiéké is a very popular product in this region with an increasing production supply of cassava which is locally grown. In short, the region's production is intended for self-consumption and the finished products are sold on local markets.

3.6 MANAGEMENT OF WASTE FROM ARTISANAL CASSAVA PROCESSING

3.6.1 IDENTIFICATION OF WASTE BY DERIVATIVE

The process of transforming all the derivatives is almost identical, going from Peeling, Washing, Grinding, Fermentation, Pressing, Drying, Sieving and Preparation/Cooking for others (Table 1).

Table 1. Identification of waste from cassava derivatives

STAGE	WASTE			
	Attiéké	Placali	Gari	Attoukou
Peeling	Cassava peels			
Washing	used water			
Grinding	starched wastewater			
Fermentation	acid starched wastewater			
Pressing	acid starched wastewater			
Drying	Cassava fiber			
Sieving	Cassava fiber			
Preparation/Cooking	smoke	nothing	nothing	Smoke

Source: Our 2023 surveys

In the production process of cassava by-products, the quantity of wastewater discharged is produced in four stages of the eight stages of the process. 400 liters of water are used per day by the NGO Colombe in Bangolo and 2,800 liters by the group of dynamic women in Duekoué. These two artisanal units consume around 9,200 liters of water per week. Wastewater is composed of residual starch, organic acids, sugars and certainly other unknown organic substances.

Regarding solid waste, producers in the town of Bangolo produce 300 kg of cassava peels per day corresponding to 2.5 bags of 120 kg. Production takes place three (3) times per week, i.e. 900 kg of solid waste. Regarding those in the town of Duekoué, women produce 960 kg of waste per day, or 8 bags of 120 kg. The quantity per week is estimated at 2,880 kg of waste. It appears from the study that the artisanal processing of products derived from attiéké produces a lot of solid waste which is estimated at 4% of raw cassava (Table 2).

Table 2. Quantification of liquid and solid waste

	Quantity cassava in Kg/week	Solid waste in kg/week	Liquid waste in Liter / week
Duekoué Group	7200	2880	2,1
Bangolo Group	2,25	900	1,2
TOTAL	9,45	3,78	3,3

Source: Our 2023 surveys

Analysis of the table shows that the two groups of women produce 3780 kg of solid waste and 3300 liters of liquid waste per week for 9450 kg of processed raw cassava.

3.6.2 MANAGEMENT OF WASTE FROM CASSAVA ACTIVITY

In the organization and process of artisanal processing of products derived from cassava, no window is reserved for the treatment of waste by the production units. For them, it is a normal fact to get rid of bulky liquid and solid waste without precaution. The management of solid waste from cassava processing units in Duékoué and Bangolo boils down to the discharge of 16% of solid waste into nature (figure 11) and the sale (84%) of dried peelings (figure 12) to breeders. Therefore, the only option for recovering this waste remains the use of the peels for cattle feed. When the rejected solid waste becomes bulky, it is incinerated in the open air and near the units.

As for liquid waste, it does not benefit from any prior treatment. They are 100% dumped into nature.

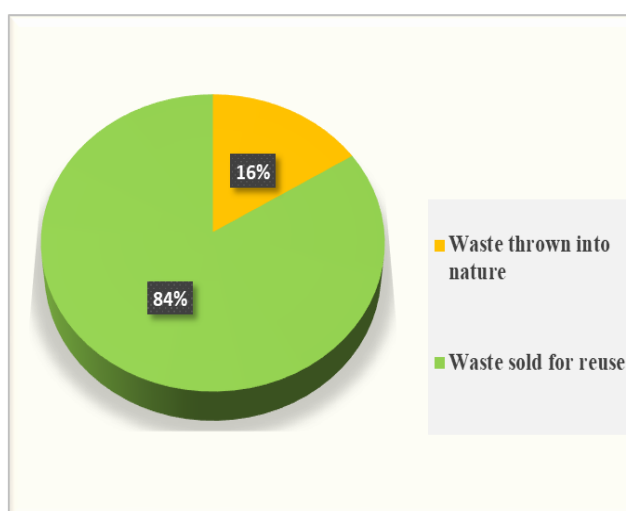


Fig. 11. Waste utilization rate



Fig. 12. Dried pile of cassava peelings

3.7 DETERIORATION OF THE ENVIRONMENTAL FRAMEWORK AND HEALTH RISK

The artisanal processing of cassava can have a significant impact on the surrounding living environment. As the results of the present study show, artisanal cassava processing requires the use of large quantities of wood for cooking. This contributes to deforestation and air pollution. The smoke emitted by these fires may contain harmful substances, such as fine particles and greenhouse gases, which can impact air quality and the health of people living nearby.

Since most of the waste consists of peelings and starched water, discharges are made without prior treatment or special arrangements. This method makes the environmental environment unsanitary with the stagnation of wastewater (figure 13

and 14) and becomes a source of bad odors. A wastewater disposal system is non-existent. Thus, there appears to be an inadequacy of a drainage system which accentuates the ugliness of the view in the towns of Duekoué and Bangolo, which can affect the quality of life of local populations with nauseating odors.



Fig. 13. Waste water from washing and pressing cassava



Fig. 14. State of the working environment of the women's group in Duekoué

Shot: Ouattara, November 2023

From a health point of view, it appears that women continue to use firewood for cooking on a daily basis despite access to butane gas. They inhale smoke all day long. This way of doing things impacts the health of producers. Furthermore, these units are not subject to any control in terms of hygiene and health standards by the environmental services. They are not subject to any analysis that can guarantee the quality of the finished products. Consequently, the stagnation of starched pressing water along the streets and in nature constitutes significant health risks. These waters pollute the surrounding soil and air.

In short, we note a precariousness in waste management at the level of artisanal cassava processing units; which poses numerous environmental and health problems. At the end of the various interviews with the town hall services as well as those of the regional environment and sustainable development department, the following reasons were mentioned which explain this unpleasant waste management situation:

- Lack of awareness and training: Artisans are often unaware of the harmful consequences of poor waste management. They have not received any awareness on good waste management practices

- Lack of adequate infrastructure: The artisanal units do not have the necessary infrastructure for effective waste management, such as proper sanitation systems. This makes the living environment unsanitary
- Economic or financial constraint: Artisans, because of their status, often consider that digging a soakaway well or a septic tank to collect wastewater, or even purchasing modern equipment for cooking, are additional expenses and should not be able to spend it. This is why they most often settle in less populated places or along the tracks. This is why we observe inadequate waste management practices, such as open burning or the discharge of liquid waste in rainwater drainage channels and in the surroundings of artisanal units
- Lack of coordination and support: Lack of coordination and support from local authorities or organizations is also one aspect of not implementing more effective liquid and solid waste management systems. Thus, lack of access to resources and information channels can make it difficult to improve waste management in these urban areas

4 DISCUSSION

Artisanal cassava production in the Guemon region is mainly carried out by small-scale processing units managed by women. Cassava processing is often considered an activity traditionally reserved for women. The organization of work in these units may vary depending on available resources, technical skills and regional cultural practices. It appears from the study that the level of education of managers and employees of cassava processing units is low with 51.43% illiterate and 31.43% who have a primary level. However, this activity is a great boon for women in these secondary towns. 40% of women work in artisanal cassava processing and economically, 33.3% of their financial resources come from this activity. The study by AMOA Amlan et al (2023, P495) corroborates this. According to the said study, the processing and sale of fresh cassava and its derived products allow women to be financially independent. Thanks to these activities, we notice a change in social status at the household level.

Even though this artisanal activity improves the financial condition of these women, the fact remains that the transformation process remains largely manual, therefore artisanal, with the request for external services at the grinding level. Despite the introduction of some motorized equipment (crusher, spinners, semolina), the process remains informal. In Côte d'Ivoire, the cassava value chain is very poorly organized with domination of the informal sector at all links (ILO, 2019, P17). The studies of Mendez del Villar et al. (2017, p.159) highlighted the artisanal processing rate which is 75%. This artisanal production generates a lot of waste. It appears from this study that the waste produced in the artisanal cassava processing process is cassava peelings or peelings and starched wastewater. The two artisanal production units produce 3780 kg of peelings per week and 3300 liters of wastewater per week. The only way out of solid waste management is sales to breeders. According to Kouakou N'Guessan Stanislas KOBENAN et al (2023, P539), the peelings are valued in pigs, cattle and sheep/goats after having undergone or not processing methods such as drying in the sun, cutting and/or processing. addition of salt or associated with other agricultural by-products such as corn and rice bran, low rice flour, banana peelings, yam peelings.

In terms of degradation of the living environment, the ground is polluted by stagnant water around the pressing and washing points. Olfactory pollution characterized by nauseating odors and the presentation of an unsanitary environment. These effluents constitute a significant source of environmental pollution (KANKU André, 2019, p19). This unhealthy environment exposes populations to health risks linked to the creation of mosquito nests. This assertion confirms the study by YAO Kouassi Ernest Géographe (2021, p27), which indicates that the waste produced by the processing of cassava degrades the soil and pollutes the air and their environmental impact is undeniable.

It is important to take measures to remedy this situation of unsanitary conditions and pollution. This could include raising awareness and training of artisans on good waste management practices, establishing or improving waste management infrastructure, developing clear regulations and their effective enforcement, as well as supporting and coordination of the various stakeholders involved. Adequate waste management in artisanal production units is essential to preserve the environment and the health of communities.

5 CONCLUSION

The presence of artisanal cassava processing units in the Guemon region and particularly in the towns of Duekoué and Bangolo is due to the development of this crop in the region. The soil, vegetation and climate are suitable for this. The derivatives that come out of it give cassava a strong economic and food potential. Indeed, the artisanal and semi-industrial processing of cassava contributes to meeting socio-economic needs in the region. Cassava processing is a traditional skill passed down from generation to generation. Techniques and knowledge are shared within the family or community, thus ensuring continuity in artisanal production. The production of cassava-derived products is, of course, an income-generating activity, but also an activity that creates solid and liquid waste. If a sort of recovery of solid waste is carried out through the drying of the

peels and their sale to breeders, liquid waste, for their part, constitutes a significant source of nuisance and environmental degradation. Considering the diversity of by-products resulting from the artisanal processing of cassava, the technological development of equipment is essential as well as efficient management of solid and liquid waste to make these micro cassava processing units viable in secondary towns.

It should be noted that some artisanal production units may also adopt more modern approaches using motorized equipment or more advanced processing techniques to improve efficiency, productivity and waste management.

The study recommends promoting the valorization of organic waste such as cassava skins and fibrous residues as raw material for the production of compost or biomethane. These products can be used as fertilizers or as a source of renewable energy. It is also essential to put in place measures to reduce the quantity of waste generated at source. This can be achieved by optimizing processing processes, using more efficient equipment, adopting cleaner technologies to minimize air and water pollution to encourage sustainable production practices across the modernization of equipment.

REFERENCES

- [1] A.E.D. AMOA, P.K. ADON, N.K. OKOU, 2023. La place du manioc dans l'autonomisation des femmes de Bonoua (COTE D'IVOIRE), *SCIREA Journal of Sociology*. Vol. 7, No. 6, 2023, pp. 481 - 500. <https://doi.org/10.54647/sociology841212>.
- [2] Bureau International du Travail BIT, 2029. Emploi et Revenu dans la Chaîne de Valeur du Manioc en Côte d'Ivoire, Genève, Suisse, ISSN 2519-4941, 77 P., <http://search.ilo.org/>.
- [3] CNRA, 2013. Bien cultiver le manioc en Côte d'Ivoire, 2021, ISBN: 978-2-917074-29-9, 4P.
- [4] CNRA, 2021: Identification de clones de manioc à chair colorée à haut rendement 8 riches en caroténoïdes, Centre national de recherche agronomique, Côte d'Ivoire 2021, ISBN: 978-2-917074-29-9, 26 P.
- [5] KANKU, 2019. Transition vers l'économie circulaire en République Démocratique du Congo dans la transformation de tubercule de Manioc: « Evaluation et Financement du projet OPAPE RDC ». Louvain School of Management, Université catholique de Louvain, 2019. Prom.: Karl Colin. <http://hdl.handle.net/2078.1/thesis: 20136>.
- [6] K.N.S. KOBENAN1, C.E.M. ANGBO-KOUAKOU, K.A. SAORÉ et N.D.V. KOUAKOU1, 2023. Disponibilité et valorisation des épilures de manioc en alimentation animale en Côte d'Ivoire: cas de la commune de Yamoussoukro, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 17 (2): 539-548, February 2023, ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print), © 2023 International Formulae Group. All rights reserved. 9205-IJBCS, DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v17i2.20>, Original Paper <http://ajol.info/index.php/ijbcs> <http://indexmedicus.afro.who.int>
- [7] D.V. MENDEZ, A. ADAYE., T. TRAN., K. ALLAGBA., V. BANCAL. 2017. *Analyse de la chaîne de Manioc en Côte d'Ivoire*, Rapport pour l'Union Européenne, DG-DEVCO. Value Chain Analysis for Development Project (VCA4D CTR 2016/375-804), 169p.
- [8] Rural 21, 2020. Le développement urbain vert offre des perspectives d'emploi dans l'espace rural, www.rural21.com, consulté le 18 novembre 2023.
- [9] USAID/ CORAF/ SANGHAI, 2010. Transformation du manioc en gari et farine panifiable de haute qualite en afrique de l'ouest, <https://www.coraf.org/download/.pdf>, 36P.
- [10] K.E. YAO, 2021. «L'impact Socio-Économique Et Environnemental De La Valorisation Du Manioc À Zuenoula (Centre-Ouest, Côte D'ivoire).» *International Journal of Humanities and Social Science Invention (IJHSSI)*, vol. 10 (09), 2021, pp 15-29. Journal DOI- 10.35629/7722.

Les dimensions de l'apprentissage informel de la maçonnerie sur les chantiers et la transmission des compétences aux apprentis

[The dimensions of informal apprenticeship in masonry on construction sites and the transfer of skills to apprentices]

Florent Kambasu Kasula

Faculté des Sciences Économiques et Gestion, Université Catholique du Graben, Butembo, Nord-Kivu, RD Congo

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

ABSTRACT: In several sub-Saharan African countries, informal apprenticeships are the preferred route to wage employment. Thus, it is a question of studying the different registers of transmission of skills regarding informal professional apprenticeships in the building careers, mainly masonry, in the region of Butembo, in the Democratic Republic of the Congo. On construction sites, the learning of masonry is organized through a social and economic logic, while the pedagogical logic of transmitting skills is more based on the analogy and proceduralization of the site. These different patterns are often reflected in the motivation for recruiting apprentices or the motivations to learn masonry.

KEYWORDS: informal learning, masonry, transmission of skills, On-the-job learning.

RESUME: Dans plusieurs pays d'Afrique subsaharienne, l'apprentissage informel constitue la voie privilégiée d'accès à l'emploi salarié. Ainsi, est-il question d'en étudier les différents registres de transmission des compétences quant à l'apprentissage professionnel informel dans les métiers du bâtiment, principalement, la maçonnerie, dans la région de Butembo, en République démocratique du Congo. Sur les chantiers de construction, l'apprentissage de la maçonnerie s'organise à travers une logique sociale économique pendant que la logique pédagogique de transmission des compétences est plus basée sur l'analogie et la procéduralisation du chantier. Ces différents schèmes se traduisent souvent à partir du mobile de recrutement des apprentis ou des motivations à apprendre la maçonnerie.

MOTS-CLEFS: apprentissage informel, maçonnerie, transmission des compétences, apprentissage sur le tas.

1 INTRODUCTION

Dans plusieurs pays d'Afrique subsaharienne, l'apprentissage informel constitue une des voies privilégiées d'accès à l'emploi, non seulement pour les jeunes exclus du système scolaire mais aussi les diplômés. Le chômage étant la règle, l'emploi devient l'exception. Le diplôme, lanterne dans la recherche de l'emploi, n'est plus suffisant à lui seul pour en intégrer directement le marché. À ce propos, Belias (1) admet que l'obtention d'un diplôme ne garantit plus la possibilité de trouver un emploi bien rémunéré. En effet, plus de 80% des diplômés finissent par travailler dans un domaine d'activité entièrement incompatible avec leur formation académique. Il s'agit de la catégorie appelée les « formés pour le chômage ». En tant que membres de la classe des chômeurs qualifiés, leur mission ou leur travail est de rechercher un emploi. Les établissements scolaires et universitaires sont en désaccord avec les réalités socio-culturelles et les exigences de l'emploi. Devant l'obsolescence des diplômes sur le marché du travail, de nombreux titulaires se tournent vers le marché informel en utilisant l'apprentissage informel. Ce dernier ne représente plus une seconde opportunité pour les personnes exclues du système

éducatif, mais plutôt une porte d'entrée à l'emploi pour les personnes appartenant au système éducatif et une source essentielle d'accès aux connaissances et aux compétences productives. (2).

De manière générale, les jeunes sont confrontés à un système scolaire dépassé où ils étudient des matières qui ne leur serviront jamais dans la vie pratique (3). Dans ce sens, un sociologue congolais, tout en constatant que l'Université est contre le développement au Congo-Kinshasa, suscite le débat en s'interrogeant de manière laconique et moqueuse si, finalement, dans ce pays, l'éducation ne constitue pas une fabrique de « cerveaux inutiles » (4,5), dans la problématique des universités africaines face à la promotion des diplômés pour le chômage. Loin d'émettre un jugement, la grande préoccupation consiste à s'interroger sur l'inadéquation entre l'éducation et le marché de l'emploi. Face à cette situation critique, le recours à l'apprentissage professionnel constitue une voie alternative pour contourner cette crise de l'éducation.

Tout apprentissage, aussi fortuit ou anodin soit-il, s'articule toujours au sein d'un système donné. Ce dernier justifie d'ailleurs son soubassement et sa raison capitale d'être. D'après des études réalisées en Afrique de l'Ouest, l'apprentissage des métiers s'appréhende de manière globale dans deux grands systèmes: sahélien et côtier (Charmes & Oudin, 1994, p. 232; Walther, 2008, p. 32). La différenciation réside surtout dans le caractère payant ou non de l'apprentissage et dans les relations entre maître d'apprentissage et apprenti. La présente étude se réalise dans la région de Butembo, en République Démocratique du Congo, Province du Nord-Kivu. L'apprentissage traditionnel des métiers dans cet espace s'accommode justement à un système pouvant être qualifié de « sahélien ». Toutefois, il n'est ni l'un ni l'autre et peut être qualifié d'apprentissage non-formel pour faire une symbiose de deux systèmes. L'apprenti s'initie au métier à côté d'un maître avec qui, généralement, les liens familiaux et amicaux jouent un rôle capital. La durée n'étant pas connue, le maître peut libérer l'apprenti lorsqu'ils jugent tous deux qu'il maîtrise déjà le métier. Mais, souvent, il le garde dans l'atelier comme un ouvrier et, à la longue, comme copropriétaire ou associé.

Cette étude se focalise sur les logiques d'apprentissage privilégiées par les maîtres-maçons sur les chantiers de construction. Elle est axée sur les dimensions mises en œuvre pour transmettre les compétences aux apprentis-maçons. Elles traduisent souvent les mobiles de recrutement des apprentis ou des motivations à apprendre la maçonnerie. Ainsi, faut-il s'interroger de la manière suivante: quelle logique est-elle mise en œuvre pour recruter les apprentis sur les chantiers et pour leur transmettre les compétences nécessaires à l'exercice du métier ? Bien que la logique sociale et analogique soit envisagée, il est fort possible que l'apprentissage de la maçonnerie sur les chantiers soit expliqué par une double dimension pédagogique et économique dans le chef des maîtres-maçons.

2 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

L'étude est essentiellement quasi monographique et qualitative. En vue de garantir d'avoir l'information nécessaire requise auprès des maçons, le recueil des données a été effectué auprès d'un échantillonnage non-probabiliste de convenance et volontaire. Deux critères majeurs ont orienté le choix de l'échantillon: la disponibilité à répondre au questionnaire et le mode principal d'apprentissage du métier. Ainsi, 232 maçons et 35 contremaîtres, rencontrés sur les chantiers et ayant appris la maçonnerie sur le tas, en constituent l'échantillon. Focalisé sur des données plus qualitatives que quantitatives, un questionnaire à questions ouvertes et/ou fermées leur a été administré par des entretiens directifs. La dimension considérée est celle relative à la logique de transmission des compétences. Le critère d'apprentissage du métier au chantier a permis de retenir trois sous-groupes des maçons: ceux ayant appris la maçonnerie uniquement sur les chantiers (78%), ceux qui l'ont fait sur les chantiers et dans un centre de formation professionnelle (13%), ainsi que ceux ayant appris à l'école et sur les chantiers (9%). Le critère d'homogénéité est le système d'apprentissage privilégié de la formation sur les chantiers et l'exercice du métier sur le chantier même. Plutôt que d'une analyse documentaire basée sur la littérature de l'apprentissage en situation de travail, les données ci-dessous présentées sont empiriques et issues des investigations de terrain et se basent, certaines, sur des observations systématiques et sur les verbatims recueillis. Hormis l'introduction et la conclusion, l'analyse s'articule sur une brève présentation théorique de l'apprentissage sur le tas et l'analyse des résultats sur les dimensions d'apprentissage et la transmission des compétences. Pour traiter les différentes données, les fonctions de Microsoft Excel ont été utilisées.

3 L'APPRENTISSAGE SUR LE TAS OU EN SITUATION DE TRAVAIL

Les individus acquièrent généralement les savoirs, savoir-faire et compétences de différentes manières. Ceci peut être intentionnellement, de manière informelle ou dans la vie pratique quotidienne. En ce sens Koenig (8) reconnaît que les différentes compétences peuvent être innées, importées ou développées dans le cours même de l'activité. Plusieurs théories relatives à l'acquisition des connaissances se focalisent aux connaissances intentionnelles et formelles. Rares sont celles qui traitent de la formation dans la production, appelée formation sur le tas, qualifiée souvent d'apprentissage informel ou apprentissage *in situ* ou en situation de travail.

En anglais, le processus d'apprentissage au sein du système de production est généralement défini par deux concepts: *on-the-job training* et *learning by doing* -l'apprentissage sur le lieu de travail et l'apprentissage par l'action-. Ces éléments permettent de différencier deux types, l'un étant formel et l'autre informel. Là, il s'agit des programmes officiels que les entreprises instaurent afin de renforcer les compétences de leurs employés: c'est la formation continue au sein des entreprises. Ici, le processus commence automatiquement lorsque l'on travaille dans l'entreprise, en acquérant d'autres techniques ou en suivant les avancées technologiques en dehors du cadre préétabli par l'entreprise. Il s'agit de l'apprentissage en milieu professionnel ou en situation de travail. Proche de l'apprentissage informel *ex-nihilo*, il s'agit de la formation sur le tas dans la production. De l'autre côté, il s'en écarte car il s'inscrit dans le schème de ce qui est généralement attendu par apprentissages informels dans la mesure où, comme écrivent Carré et Charbonnier (9), ceux-ci « peuvent échapper tout à la fois à la conscience individuelle (on peut apprendre sans avoir conscience d'apprendre) et à la formalisation institutionnelle (ces apprentissages se développent dans l'organisation en dehors de cadres institués pour la formation) ».

Ces formations, qualifiées de « *formations par apprentissages traditionnels* » sont basées sur la conscience, c'est-à-dire la décision d'aller apprendre un métier, mais elles souffrent aussi de l'absence d'un cadre méthodologique que de leur formalisation institutionnelle ou reconnaissance officielle. Toutefois, dans l'apprentissage des métiers, elles se comprennent de deux manières, selon qu'on a déjà une formation initiale et/ou qu'on exerce déjà le métier ou alors selon qu'on a aucune formation initiale et qu'on veut pratiquer le métier en l'apprenant. Dans un premier moment, tout au long de leur vie professionnelle, les travailleurs peuvent acquérir des nouvelles connaissances et compétences à partir de leurs contacts avec d'autres salariés ou de leur participation à des activités productives. Dans le second, c'est le premier contact avec le métier ou la technique par son apprentissage en atelier ou sur un chantier. Comme l'écrit Villemin (10) cité par Brucy (11): « *N'est-ce pas en maçonnant qu'on apprend à maçonner ? Voyez-vous un maçon faire son apprentissage dans une école professionnelle ? Non, n'est-ce pas ? L'apprentissage doit se faire à l'atelier.* »

Dans sa thèse, Dia (2) démontre comment de nombreux mécanismes sont mis en évidence, afin de rendre compte des modalités concrètes à travers lesquelles opère la formation sur le tas. La transmission du capital humain y est intergénérationnelle par des externalités de réseaux basés sur le capital social. Le coût y est moindre que dans la formation scolaire. Compris dans ce sens, l'apprentissage sur le tas ou encore apprentissage traditionnel reste le mode par excellence d'accès aux savoirs et aux savoir-faire dans la société africaine, en parlant surtout des métiers. De dimension socio-anthropologique, il tire son origine des systèmes vicariants de formation traditionnelle en Afrique liés au « confiage », c'est-à-dire au fait d'un parent qui confie son enfant à un professionnel du métier pour qu'il lui apprenne les méandres et les arcanes du métier. Dans la société congolaise moderne, il est surtout d'usage dans le système informel non structuré où plusieurs entreprises forment un nombre important des jeunes non scolarisés ou ayant abandonné l'école le plus tôt avant l'achèvement du cycle. Mais aussi, il concerne l'activité de certaines entreprises même formelles. Et de ce fait, il assure leur insertion sur le marché du travail et de l'emploi tant dans le secteur informel que celui formel.

Pour mieux appréhender la quintessence de ce mode d'apprentissage, il sied d'en connaître quelques caractéristiques spécifiques fondant son originalité. Effectué sur le lieu de travail, l'apprentissage informel sur le tas constitue un système de transmission des compétences d'une génération à l'autre. L'apprenti, relativement jeune, apprend par observation et imitation du maître artisan. En profitant de ses expériences, il acquiert des qualifications de la profession en s'imprégnant en même temps des réseaux de l'emploi dans le secteur. Les contrats d'apprentissage y sont oraux et généralement ancrés dans les coutumes et les traditions de la société ou se basent sur des liens familiaux et amicaux. « Système de formation spontané et libre de toute contrainte » (12), il ne prévoit aucun curriculum ni programme formalisé. Son objectif est l'acquisition des compétences nécessaires au métier d'apprentissage. Formation dans les conditions réelles de travail, elle favorise, d'après Gaye (13), l'acquisition de compétences incorporées directement mobilisables en cas de nouvelle situation sans charge mentale significative. Pour les défenseurs de la formation expérientielle, il s'agit d'une immersion dans les réalités techniques, économiques et relationnelles du métier.

En somme, l'apprentissage sur "le tas" apparaît souple, peu coûteux et ouvert à de nombreuses catégories de populations, en particulier celles exclues du système de formation formel et aux emplois du secteur moderne. Il est considéré comme l'un des maillons de l'éducation et de la socialisation des jeunes en période de forte tension sur le marché du travail et sur le système scolaire. Toutefois, si le diplôme constitue une des mesures du capital humain, l'accumulation du capital humain à travers ces apprentissages est souvent sous-estimée et non valorisée faute d'unité d'évaluation. Également, reconnaissent certains chercheurs, ou du moins Mauro et Parodi (14), ce système d'apprentissage, de caractère conservateur et cantonné aux métiers traditionnels et aux niveaux de qualification modestes, ne favoriserait ni l'innovation, ni la maîtrise de compétences d'organisation et de gestion.

4 ANALYSE ET RESULTATS: LES LOGIQUES D'APPRENTISSAGES ET DE TRANSMISSION DES COMPETENCES

En élaborant une compréhension des modes de transmission des compétences sur les chantiers de construction, la présente étude analyse l'apprentissage non formel dans ses dimensions économiques et sociales. Basé sur une dimension sociale, l'apprentissage non formel de la maçonnerie a aussi une dimension économique. De manière pédagogique, les compétences s'y transmettent par analogie et surtout par la procéduralisation des connaissances ou mieux du chantier.

4.1 LES DIMENSIONS SOCIALE ET ÉCONOMIQUE DE L'APPRENTISSAGE DE LA MAÇONNERIE

4.1.1 UNE LOGIQUE SOCIALE DE L'APPRENTISSAGE ET DE PRATIQUE DU METIER

L'apprentissage de la maçonnerie sur le chantier, d'après les observations de terrain, se réalise dans un cadre social. La transmission des compétences se réalise dans un cadre familial ou mieux amical suivant un modèle de compagnonnage. D'après les entretiens avec les apprentis, pour favoriser un bon climat d'apprentissage, les relations caractéristiques entre eux et leurs formateurs sont multiformes telles que présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 1. Relations entre maîtres et apprentis

Type de relation	Apprentis		Contremaîtres	
	Effectif	Pourcentage	Effectif	Pourcentage
Relation entre collègues de travail	18	7,76	2	5,71
Relation parentale	78	33,62	2	5,71
Relation fraternelle ou amicale	48	20,69	4	11,43
Relation patron-employé	10	4,31	2	5,71
Relation enseignant – élève	78	33,62	25	71,43
Total Observations	232	39,700 %	35	39,600 %

Source: Nos enquêtes

Regroupées en deux grandes catégories, ces relations sont soit de type social soit de type dimension économique. Les relations entre collègues, parentales ou amicales relèvent du social et s'apparentent au capital social. Celles entre patron et employé ou enseignant et élève sont économiques et relèvent de la théorie de l'investissement en capital humain. De ce fait, l'apprentissage de la maçonnerie relève plus du social pour les apprentis (62,07%) que de l'économique (37,93%); alors que pour les contremaîtres, la dimension économique (77,14%) prime sur celle sociale (22,86%).

S'appuyant sur le capital social et le capital de proximité, à travers le réseautage, les maîtres d'apprentissage, d'après leurs verbatims, recrutent les aides-maçons pour leur apprendre le métier et leur assurer un avenir meilleur. Certes, derrière cette bonne volonté sociale d'aider les jeunes apprenants, se profile en sous-main la dimension du gain. En effet, l'apprentissage de la maçonnerie et des autres métiers du bâtiment est caractérisé par le « phénomène d'aides ». Chaque professionnel a toujours son « aide » ou son assistant au chantier. Il s'agit, en l'occurrence, des aides-maçons ayant parfois des liens familiaux ou amicaux étroits avec les maîtres. Cela fait parfois dire que la maçonnerie figure parmi les métiers qui se perpétuent dans un même environnement familial et/ou amical. Fondé sur une sorte de 'paternalisme', c'est-à-dire une transmission privilégiée du métier entre des personnes qui se connaissent bien, ou mieux entre générations par des liens fondés sur l'amitié des parents, le développement de son apprentissage se fait au détriment du salariat.

En revanche, la dimension sociale constitue une forme déguisée et voilée de l'exploitation économique de l'apprenti dans la production mais dont la face révélée reste l'apprentissage. Selon Fontan (15), en tant que mécanisme de « *projet local* », le processus d'apprentissage de la maçonnerie n'a pas à faire de l'économie, de l'emploi et de la richesse « monétaire » la pierre angulaire de ses objectifs. Au contraire, il s'appuie dans sa totalité sur le social. Il porte sur la socialisation et la mobilisation des individus, des groupes. Dans cette dimension sociale de transmission ou de partage des connaissances, « *plus on partage, plus on s'enrichit* ». Ce partage se perpétue des générations à générations. Car, par un raisonnement analogique, le transmetteur des connaissances est convaincu que sa descendance profitera de ses acquis à travers son apprenti lorsque celui-ci, à son tour, deviendra maître d'apprentissage. De ce fait, la mission principale de l'apprentissage de la maçonnerie est l'insertion socioprofessionnelle ou la socialisation. Il s'agit d'une transmission intergénérationnelle des compétences.

Pour comprendre cette socialisation, référence peut être faite au système de compagnonnage. Caractérisé par la socialisation, il permet à l'apprenti d'accéder au métier et de s'orienter dans la vie. Bien que dans un contexte assez différent,

Ugo Palheta (16) retient trois « valeurs » au carrefour desquelles les compagnons construisent leur conception de la fonction de maître de stage: l'altruisme de la transmission des savoir-faire (« savoir donner, ne pas être avare de son savoir »), la capacité à mobiliser des collectifs (« mener une équipe », « assembler des hommes »), et la volonté d'intégrer des jeunes présumés « sans repères ». Ce qui en assure la jonction et la cohérence du triptyque, c'est le Métier. Car, le métier est ce qui permet de s'orienter dans la vie.

4.1.2 UN RECRUTEMENT DES APPRENTIS BASE SUR UNE LOGIQUE D'ACCUMULATION

Dans l'apprentissage et la pratique de la maçonnerie, la transmission des compétences est basée sur l'économie populaire où très peu d'argent circule mais rapidement. Les apprentis ne paient pas grand-chose à leur maître. Mais le système est basé, partant du volet social, sur de petites affinités qui les obligent à engager régulièrement de petits montants de motivation au maître en lui achetant, par exemple, une cigarette, une bouteille de bière. Toutefois, les apprentis obtiennent aussi les sommes engagées à partir des primes d'encouragement reçues de leurs maîtres lorsque le responsable du chantier rémunère les travaux réalisés. Lors de l'apprentissage, les apprentis reçoivent régulièrement des primes. Elles servent souvent pour affermir les relations sociales sur les chantiers et motiver l'apprentissage.

Le maître assure l'apprentissage et reçoit en contrepartie une sorte de redevance de l'apprenti au début et à la fin de l'apprentissage (poule & chèvre). L'apprenti offre son travail et reçoit aussi en contrepartie des indemnités d'apprentissage sous une forme de prime d'encouragement. D'où la figure 1 ci-dessous:

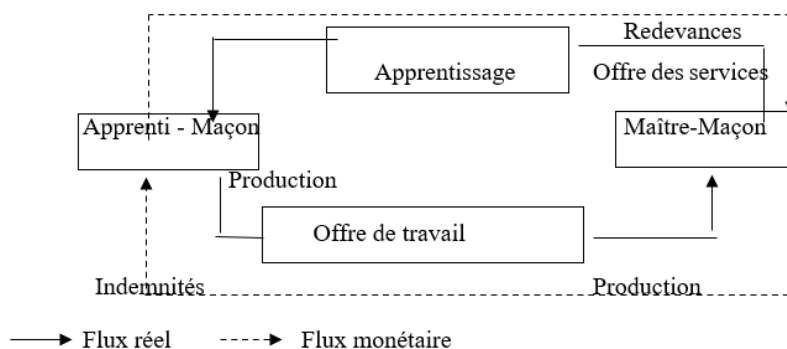


Fig. 1. Circuit lié à l'accord d'apprentissage et coût de la formation

Source: Notre construction

Dans ce schéma, deux types de transaction de deux types des flux caractérisent l'apprentissage. L'apprenti offre au maître d'apprentissage une main-d'œuvre disponible en contrepartie d'une formation professionnelle reçue de lui. Pendant ce temps, même si le maître peut demander ou non des frais d'apprentissage, l'apprenti le fait lui en nature et/ou en prestations pendant l'apprentissage; en contrepartie, le maître peut leur payer ou non une prime.

Par la dimension sociale, l'apprenti ne paie presque pas des frais. Son recrutement sur le chantier constitue une stratégie du maître ou un mécanisme de résilience pour réaliser des bénéfices. De manière pratique, sur le chantier, la facturation du volume du travail ne rémunère pas l'effectif des intervenants mais le niveau de travail réalisé. Quitte au maître ou à l'ingénieur de payer les ouvriers, qu'importe le montant. Or, cet ouvrier est l'apprenti-maçon. En réalisant les travaux que le maître devrait exécuter, mais sans rémunération, il devient ainsi une autre source de revenu importante pour ce dernier. Dimension économique visant la productivité pour le maître et la réalisation de l'ouvrage, il s'agit d'une triple accumulation: les connaissances sur le chantier pour l'apprenti-maçon sans paiement des frais ou en moindres frais, une rémunération excédentaire du maître-maçon au détriment de l'apprenti-maçon, un gain de temps pour le maître d'ouvrage dont le chantier est vite achevé grâce au nombre élevé d'intervenants.

L'objectif du maître reste la maximisation de la productivité de l'apprenti sur une longue période d'apprentissage. À la lueur de Charmes (12), sa stratégie consiste à faire comprendre à l'apprenti que la faible rémunération reçue compense le prix à payer pour l'acquisition du métier. Partant, gage de bonne assimilation, une formation complète ne sera distillée que très lentement. Car, continue le même auteur (12), deux règles simples traduisent l'esprit de l'apprentissage pour le maître: « 1.

L'apprenti doit rechercher le travail et non l'argent; 2. L'apprenti doit rechercher le travail et non ses droits ». À ce propos, les apprentis-maçons révèlent que parmi les reproches sur le chantier et les motifs de découragement d'apprentissage pour d'autres figurent la réclamation de la clarté dans la répartition de la rémunération (56,4%) et/ou la faible rémunération sur les chantiers lors de l'apprentissage (47%).

Deux grandes catégories des maîtres interviennent dans l'apprentissage sur les chantiers: ceux qui forment les apprentis et ceux qui les emploient. Les premiers portent l'attention sur le processus d'apprentissage comme un moyen d'entrée dans le métier du bâtiment alors que les seconds se focalisent sur le travail des apprentis comme un moyen d'apprentissage. Ce qui rend le système d'apprentissage trop éprouvant pour les apprentis. La durée d'apprentissage y devient plus ou moins longue et va de trois à six ans. Car, les maîtres retiennent finalement les apprentis sur les chantiers comme une main-d'œuvre moins onéreuse et bon marché. Pour contraindre certains à rester longtemps aux chantiers, certaines compétences professionnelles, tel un secret professionnel, sont transmises à la fin de l'apprentissage. Comparant la longue durée à la manière d'un enfant qui apprend à parler et à marcher, celle-ci masque finalement le degré d'accumulation et de profitabilité.

Indéterminée, la durée est basée aux étapes à maîtriser sur le chantier. N'étant pas une suite chronologique d'activités séquencées en trimestres ou semestres d'enseignement, elle est conditionnée par l'existence de plusieurs chantiers et l'assiduité laborieuse aux côtés d'un maître d'apprentissage prêt à partager ses connaissances. Elle est entrecoupée par des moments de pause en cas de manque de chantiers pour le maître ou de pénurie des matériaux sur les chantiers. Elle est estimée à partir du temps moyen que chaque maçon juge avoir passé dans l'une ou l'autre étape pour maîtriser la maçonnerie, tel que le tableau 2 le présente.

Tableau 2. Durée d'apprentissage de la maçonnerie sur le chantier

Étapes	Durée minimum (semaine)	Durée maximum (années)	Durée modale (mois)	Nombre individus	Pourcentage (%)
Ouvrier tous travaux	2	3	6	188	81
Spécialisation dans le malaxage	1	1	2	130	56
Spécialisation dans la maçonnerie du moellon et des briques	3	2	6	232	100
Apprentissage pour implanter les portes et les fenêtres	1	0,5	2	40	17
Crépissage et exécution sous pavement	1	1	3	128	55
Finissage des allèges, portes, chapes et autres éléments	1	0,5	2	22	10
Fixation des portes et encadrement	1	0,5	1	76	33

Source: Nos enquêtes

La durée minimale dans une étape est estimée à une semaine, le maximum étant 3 ans. Les durées ne sont pas homogènes et varient d'étapes à étapes et selon les aptitudes de chaque apprenti. En définitive, en se dévouant à l'apprentissage, les maîtres mettent un accent important sur l'apprenti comme une main-d'œuvre bon marché, source de rentabilité économique et financière. Ce qui leur évite du même coup l'installation de nouveaux concurrents dans le métier. Puisque, une fois reconnus comme des maçons, les apprentis deviennent automatiquement les nouveaux concurrents de leurs maîtres.

4.2 UNE LOGIQUE PEDAGOGIQUE DE TRANSMISSION DES COMPETENCES SUR LES CHANTIERES

Sur les chantiers, la disponibilité et la démonstration du maître ainsi que la capacité d'observation, d'imitation et d'assimilation des pratiques par l'apprenti constituent les moyens privilégiés d'acquisition des compétences professionnelles. La dimension pédagogique motive les dimensions sociale et économique d'apprentissage de la maçonnerie. Pédagogiquement parlant, la plupart des apprentis ont un niveau scolaire bas. Certains ayant été en échec scolaire, la logique d'apprentissage sur le tas ne se base pas sur une pédagogie au sens classique du terme d'une méthode destinée à soutenir la formation de l'apprenti dès le début à la fin du processus. La durée fixe d'apprentissage n'étant pas connue, les compétences professionnelles sont acquises suivant la disponibilité du maître et même son état d'esprit ou d'âme sur le chantier. Ce qui exige quelques astuces de la part de l'apprenti pour « arracher » l'apprentissage. A ces astuces, s'ajoutent la logique analogique d'apprentissage et de pratique de la maçonnerie mais aussi la procéduralisation du chantier.

4.2.1 QUELQUES ASTUCES PRATIQUES POUR L'APPRENTISSAGE DE LA MAÇONNERIE

Tout apprentissage pratique se base sur des fondamentaux propres à chaque métier. Ils se dissimilent le plus souvent à travers des astuces pratiques permettant aux apprentis de maîtriser le métier en le « *volant* » au maître. Sur les chantiers, certains traits caractérisent l'apprenti-maçon : la docilité, la disponibilité, l'assiduité, etc. Le maître n'étant pas tenu d'expliquer ce qu'il veut apprendre, la faculté d'observation et d'assimilation de l'apprenti joue un rôle capital. Ainsi, l'un des principes de l'apprentissage de la maçonnerie sur les chantiers est l'imitation des gestes du maître. Plutôt qu'un plan classique tracé par avance, l'apprentissage alterne regarder, imiter et répéter les opérations pratiques effectuées par le maître.

Bien que fondé sur le mimétisme, la docilité et l'imitation, l'apprentissage n'est pas passif. Il se conquiert et s'arrache. Pour y parvenir, l'apprenti réveille au matin le maître, porte ses outils, sa salopette et va avec lui comme un disciple assidu sur le chantier. Il cherche à gagner sa confiance, en montrant sa bonne volonté et son intérêt dans le travail, pour que le maître l'implique davantage et activement dans les activités du chantier. Tout en se motivant soi-même, l'apprenti doit arriver à motiver le maître et le rendre disponible sur le chantier. En outre, la motivation passe aussi à travers les moments de repos par le partage des bières et des cigarettes.

La réussite de l'apprentissage se manifeste par la socialisation de l'apprenti, son insertion professionnelle et la réalisation de son bien-être. Partant, un maître ne sera fier de son apprentissage qu'en voyant son apprenti exercer et vivre de la maçonnerie. Cela renforce davantage les relations sociétales d'interdépendance entre les deux et, à la longue, se traduit à des forts liens amicaux ou familiaux. Le processus d'apprentissage répond ainsi à la logique de quatre piliers que Delors (17) reconnaît à l'éducation tout au long de la vie, à savoir, « apprendre à connaître, apprendre à faire, apprendre à vivre ensemble et apprendre à être ». Contrairement aux systèmes formels privilégiant l'accès à la connaissance au détriment des autres formes d'apprentissage, l'apprentissage sur les chantiers est un tout qui englobe l'acquisition des connaissances, des compétences et des bonnes manières de vivre en société. Il permet de doter les apprentis maçons des savoirs pragmatiques leur permettant de s'adapter à d'autres chantiers face à des situations similaires ou de complexité proximale.

Il s'agit des « *savoirs d'actions* », comme les nomme Gaye (13). Contextuel et actualisé, ce savoir permet à l'acteur de faire face à l'imprévisibilité, à la complexité. Dans sa nature de savoir-faire technique, il est en lien étroit avec l'apprentissage et la maîtrise des gestes techniques. Ce sont des compétences spécifiques au métier et à la spécialité. Ces savoirs d'action sont liés aux performances techniques attendues dans les situations professionnelles et permettent de distinguer une spécialité d'une autre. Ils constituent la première composante de l'action formative des maîtres, dans la mesure où le développement de l'agir professionnel est l'objectif visé par les maîtres d'apprentissage. Comme savoir-faire social, seconde composante des objectifs de la formation, il renvoie au relationnel, à la posture professionnelle, à l'attitude, au comportement vis-à-vis de la clientèle, du matériel, des pairs et du maître d'apprentissage lui-même. Ressources indispensables pour le développement des compétences sociales, l'enseignement des savoir-faire sociaux est la base de l'action formative des maîtres d'apprentissage.

Cette compréhension de l'apprentissage constitue le prolongement de sa définition en distinguant les savoirs, des savoir-faire et des savoir-être auxquels s'ajoutent les savoir-vivre. Il s'agit de sortir l'apprentissage du contenu disciplinaire de ce qui est requis pour l'exercice d'un métier, c'est-à-dire les connaissances théoriques de la maçonnerie. L'attention porte alors sur les capacités à exercer la maçonnerie, sur les comportements professionnels nécessaires pour travailler, ainsi que sur la manière de vivre dans la société avec les autres ; aux fins de garantir l'avenir du métier, l'accès au marché de l'emploi étant favorisé par les relations sociales.

4.2.2 LA PROCEDURALISATION DANS L'APPRENTISSAGE DE LA MAÇONNERIE

La réussite de l'apprentissage de la maçonnerie est basée sur un mode particulier d'apprendre : la « *procéduralisation* » du chantier. Il s'agit d'une « *segmentation* » plutôt que d'une « *théorisation* » du chantier. La maçonnerie est un apprentissage procédural. Il segmente ou parcellise le chantier à un certain nombre d'étapes requérant chacune une attention particulière tant de la part de l'apprenti que du maître. Procéduralisation et segmentation permettent donc de fonder l'apprentissage sur les actes professionnels de qualité. Pour être capable de participer à la construction d'une maison, correctement et dans le respect des normes, le maçon doit, au préalable, maîtriser une quantité de savoir-faire relatif aux étapes du chantier. Pour y arriver, il passe d'abord par l'observation des professionnels, puis par imitation sous accompagnement et enfin, par un exercice ou une application en toute autonomie.

Basé essentiellement sur les étapes à suivre pour construire un bâtiment, sans aucun programme préétabli, l'apprentissage est orienté vers l'action, vers la pratique de la construction d'une maison. L'organisation de l'apprentissage n'est pas linéaire pour parcourir toutes les étapes. La visée capitale, c'est que l'apprenti sache d'abord identifier ce qu'il apprend et son

importance pour le bon déroulement du métier avant de savoir comment le faire. En transmettant le savoir-quoi, l'attention est plus focalisée sur le savoir-pourquoi à travers le savoir-comment et le savoir-faire. Dans ce sens, pour maîtriser la maçonnerie, d'après les maîtres d'apprentissage, certaines étapes paraissent plus prioritaires et plus importantes que d'autres. C'est le cas de la maçonnerie des moellons et des briques. Ce qu'illustre le tableau 2 ci-haut construit à partir d'une série de sept principales étapes de l'apprentissage de la maçonnerie sur les chantiers telles que renseignées par les maîtres-maçons.

De ce tableau, il ressort qu'avant de quitter le chantier, tout maçon se spécialise en maçonnerie du moellon et des briques (100%). Étape essentielle, elle est l'aboutissement de tout le processus pour être reconnu maçon; c'est elle qui constitue l'ossature de la maison. Les autres étapes sont parfois maîtrisées dans le cadre de l'auto-apprentissage sur les chantiers. Toutefois, dans la plupart des cas, plusieurs apprentis transitent dans deux étapes préliminaires: l'ouvrier tous travaux (81%) et le malaxage (56%). Dans les étapes-clés, l'implantation du bâtiment ne figure pas pour son exigence d'un niveau d'abstraction un peu plus élevé relatif à lire et à comprendre les plans, les dessins d'exécution de l'architecte, reporter les mesures, les hauteurs et niveaux de plan. Ce qui suppose un niveau de scolarité un peu élevé aussi. Et généralement, c'est lorsqu'ils sont déjà reconnus maçons qu'ils s'exercent à cette étape capitale liée à la construction.

Les ouvriers tous travaux, généralement néophytes sur les chantiers, s'occupent de la fouille de la fondation, déchargent et transportent les matériaux sur le chantier, malaxent le mortier... Sans aucune spécialité, cette étape constitue le premier contact avec le chantier et permet de découvrir l'ampleur du travail pour devenir maçon par le fait d'intervenir dans presque toutes les autres étapes. Sa maîtrise ou le passage vers une autre constitue déjà une première garantie que l'apprenti-maçon peut achever le cycle d'apprentissage. Car, la lourdeur de certains travaux pousse certains au découragement et à l'abandon de la maçonnerie pour un autre métier.

Pour la mise en pratique des compétences accumulées, le maître accorde à l'apprenti des moments pour automatiser les procédures élémentaires dans une situation de délestage. En l'occurrence, certains envoient leurs apprentis sur d'autres chantiers pour qu'ils travaillent seuls ou alors en compagnie d'autres maçons. De cette manière, l'apprentissage sur les chantiers se présente sous deux formes principales: une forme collective caractérisée par l'apprentissage en interactions avec les autres apprentis-maçons sur les chantiers et une forme plus individuelle où le maçon, détaché du maître, met en œuvre les différentes pratiques apprises.

En travaillant collectivement avec les autres, l'apprenti s'insère petit à petit dans un réseau professionnel d'échanges d'opportunités de travail. Pour avoir appris la maçonnerie sur un même chantier, avec un même maître, les apprentis dès qu'ils deviennent maçons, peuvent former une même corporation ou une équipe de travail formelle ou informelle. Ils constituent une sorte de communauté de pratique, au sens de Benghozi et Paris (18) comme des groupes d'individus caractérisés par trois dimensions: un engagement mutuel, une entreprise commune et un répertoire partagé; et qui ont une histoire commune, interagissent fortement, partagent des connaissances et rencontrent des problèmes proches au sein d'une même organisation. C'est dans cette optique qu'un maçon a affirmé ce qui suit: « *Pour chaque catégorie de difficultés que je rencontre sur les chantiers, je sais qui je peux solliciter car je connais les "touches" de différents collègues et maîtres avec lesquels j'ai évolué sur les différents chantiers* ». C'est d'ailleurs la logique analogique de pratique du métier.

Pour sa part, la dimension plus individuelle repose sur l'autodidactie, l'autoformation en vue d'acquérir des comportements autonomes. C'est ce qui fait d'ailleurs la spécificité de l'apprentissage sur les chantiers. L'objectif poursuivi reste l'autonomisation dans le travail pour chaque apprenti dans la mesure où, comme le reconnaît Emmanuel Kant (1803) dans son *Traité de pédagogie*, « Ce que l'on apprend le plus solidement et ce que l'on retient le mieux, c'est ce que l'on apprend en quelque sorte par soi-même ».

4.2.3 LA LOGIQUE ANALOGIQUE D'APPRENTISSAGE ET DE PRATIQUE DE LA MAÇONNERIE

L'analogie oriente également l'apprentissage surtout face aux difficultés rencontrées. Sans référentiel écrit d'apprentissage, devant une difficulté, en situation aussi bien d'apprentissage que d'exercice du métier, les apprentis se réfèrent à un autre cas presque similaire pour y proposer une solution. Ainsi, font-ils allusion à un chantier antérieur et recourir à d'autres anciens collaborateurs maçons. Consultation familiale gratuite, le socle reste le partage social des connaissances. C'est la généralisation des pratiques de construction en une sorte de théorie de construction liée à une typologie des cas. Elle diffère selon qu'il s'agit d'un apprenti-maçon ou alors d'un maçon déjà confirmé.

Le développement de la construction est fondé sur le modèle de l'imitation. Les ingénieurs et architectes peuvent se référer en partant de l'apprentissage analogique, à ce que les autres ont déjà réalisé. Fait indéniable, loin d'exprimer un manque de créativité de la part des autres, l'imitation du modèle poursuit la valorisation de ce qui existe, pour permettre une vulgarisation des innovations dans un milieu donné. Et d'après Roger Mumbere Tshaka (19), « on imite, non parce qu'on est incapable de créer, d'innover ou de concevoir autre chose que ce qui est déjà là, mais aussi et surtout parce qu'on est conditionné par une

vision de l'homme, de l'homme dans la société, de l'homme et de la société. Ici, l'essentiel est de penser toujours conformément aux habitudes du terroir ».

Lors d'un problème professionnel, une des premières pistes de solution est le recours à son maître. Celui-ci à son tour se réfère à ses expériences antérieures en situation similaire ou à ses collègues. C'est de l'« apprentissage par analogie », dans la mesure où ce sont les situations antérieures qui permettent de trouver solution aux problèmes rencontrés. Il s'agit, d'après Gick et Holyoak (20), d'« un transfert de connaissance d'une situation à une autre », « ce qui permet de rendre la nouveauté familière en la reliant à un savoir antérieur ».

Par ailleurs, les compétences acquises sur le chantier se prêtent aussi au modèle de la « *spirale du savoir* ». Car, à la question de savoir si les entreprises organisent régulièrement ou quelquefois des formations de recyclage à l'intention des intervenants sur le chantier, il s'avère que cet « *aggiornamento* » intervient souvent lorsqu'on rencontre un problème spécifique sur le chantier. Résolu *in situ*, il n'est pas souvent explicite. Quand le besoin se présente, le superviseur du chantier ou le responsable de l'entreprise prend de son temps pour chercher avec les contremaîtres et les autres maçons les solutions appropriées en recourant parfois à d'autres collègues ingénieurs ou maçons. Ainsi, des savoirs appropriés sont mobilisés pour résoudre des problèmes spécifiques en situation de travail. De la sorte, cet apprentissage en situation de travail prend en compte les contraintes dans les collectifs du travail. Ce sont donc des renforcements « situationnels » des capacités.

Les séances de recyclage ne sont pas programmées. Fortuites, elles dépendent des spécificités de chaque chantier et/ou des tâches à exécuter. Ces cas obligent même les ingénieurs superviseurs des chantiers à se ressourcer auprès de leurs homologues avant de venir expliquer au chef de chantier et autres maçons sur le chantier. Dans le modèle de la « *spirale du savoir* », d'après Corinne Baujard (21), la transmission des savoirs se compose de quatre étapes distinctes en interaction permanente, assurant le passage du tacite à l'explicite et de l'individuel au collectif (22). C'est un modèle où l'interaction entre individus désigne la transformation de savoirs tacites en d'autres savoirs à partir du partage plus ou moins informel d'expériences.

5 CONCLUSION

Le fil conducteur de cette recherche consiste certainement à montrer que l'apprentissage de la maçonnerie s'appuie sur une dimension sociale et économique. Le social se rapporte à l'environnement dans lequel se recrute les apprentis et se réalise l'apprentissage. L'économique se rapporte à la rémunération ou gain reçu sur le chantier. Quant à la dimension pédagogique de transmission des compétences, connaissances et aptitudes sur le chantier, basé sur le lieu de travail, l'apprentissage repose sur la démonstration, l'observation et l'imitation. Les compétences se transmettent par analogie, par procéduralisation et par des astuces appropriées pour « voler » le métier au maître.

Cette recherche a permis de mettre en lumière l'implication de deux acteurs clés: le maître d'apprentissage et l'apprenti. Profitant des expériences du maître, l'apprenti acquiert les qualifications nécessaires de la maçonnerie en s'imprégnant également des réseaux de l'emploi. Pendant que le maître exécute des travaux, l'apprenti l'observe en l'imitant. L'apprenti-maçon passe donc d'une phase de familiarisation à l'environnement de travail à celle de responsabilisation en devenant à son tour un professionnel du métier en travaillant en autonome.

Au-delà de ces aspects, l'évolution de l'apprentissage s'accompagne d'un double mouvement inverse: le début de l'apprentissage est marqué par une forte implication du maître qui accomplit la plupart des travaux pendant que les apprentis l'observent et l'imitent. Avec une implication limitée, ils appuient le maître dans quelques travaux. À la fin de l'apprentissage, l'apprenti, ayant acquis suffisamment de l'expérience, démontre aussi qu'il maîtrise déjà le métier, travaille intensément et le maître n'intervient que dans la correction des erreurs. Cette implication est liée à la finesse accordée au travail. Dans une dimension économique d'apprentissage, au début de l'apprentissage, la rémunération de l'apprenti est faible et augmente petit à petit pendant qu'il se spécialise dans le métier et s'autonomise et qu'il participe aux tâches exigeant plus de finesse que de force physique. Au niveau social, la fin de l'apprentissage constitue un moment crucial où apprenti et maître se retrouvent parfois dans une même corporation exerçant ensemble le métier sans distinction de l'un et de l'autre. Toutefois, dans certains aspects du travail, par analogie, l'ancien apprenti se réfère parfois à son ancien maître d'apprentissage.

REFERENCES

- [1] Belias V. Argenlivre. 2021 [cité 31 oct 2022]. Un Pied A L'Ecole, Un Pied Dans Le Business. Disponible sur: <https://www.argenlivre.com/product-page/un-pied-a-l-ecole-un-pied-dans-le-business-1>.
- [2] Dia AA. Education, capital humain et dynamique économique : analyse à partir du secteur industriel sénégalais - TEL - Thèses en ligne [Internet]. 2005 [cité 11 janv 2024]. Disponible sur: <https://theses.hal.science/tel-00109743>.
- [3] Kiyosaki RT. Père riche, père pauvre: ce que les gens riches enseignent à leurs enfants à propos de l'argent, et que ne font pas les gens pauvres et de la classe moyenne ! Nouvelle éd. mise à jour pour illustrer la réalité actuelle avec 9 séances d'étude. Brossard (Québec): un Monde différent; 2020.
- [4] Bongeli Yeikelo ya Ato É. L'université contre le développement au Zaïre. [Paris]: l'Harmattan; 2009. (Recherches universitaires).
- [5] Bongeli Yeikelo ya Ato É. Éducation en République démocratique du Congo: fabrique de cerveaux inutiles ? Paris: l'Harmattan; 2015.
- [6] Charmes J, Oudin X. Formation sur le tas dans le secteur informel. Afr Contemp. 1994; (Numéro spécial): 230-7.
- [7] Walther R. Nouvelles formes d'apprentissage en Afrique de l'Ouest. 2008; 192.
- [8] Koenig G. L'apprentissage organisationnel: Repérage des lieux. Barthélemy J, Denis JP, éditeurs. Rev Fr Gest. nov 2015; 41 (253): 83-95.
- [9] Charbonnier O, Carré P. Les apprentissages professionnels informels. Paris Budapest Torino: l'Harmattan; 2003. (Savoir et formation).
- [10] Villemin A. Problème de l'apprentissage. In: La question de l'apprentissage. Librairie Eyrolles. Paris: Ligue française de l'enseignement; 1913. p. 33-48.
- [11] Brucy G. L'apprentissage ou... les apprentissages ? Rev Fr Pédagogie. 16 déc 2013; (183): 15-25.
- [12] Charmes J. L'apprentissage sur le Tas dans le Secteur Non Structuré en Tunisie. Cah Orstom Sér Sci Hum. 1985; 21 (2-3): 305-28.
- [13] Gaye A. Entre éducation non formelle et informelle, l'apprentissage professionnel « traditionnel » au Sénégal: analyse des pratiques des maîtres d'apprentissage et de leurs impacts sur les apprentis. Éducation, Université Charles de Gaulle - Lille I. Laboratoire CIREL (EA 4354). Equipe Trigone; 2019.
- [14] Mauro Huyghe A, Gerard E, Parodi E. Les apprentissages en milieu urbain. Form Prof Dans Sect Inf En Afr Anal Par Pays Mali Sénégal Benin Mauriti Dir Générale Coop Int Dév Ministère Aff Étrangères. 1999.
- [15] Fontan JM. Le développement du local, de la contrainte économique au projet politique. Rev Interv Économiques Pap Polit Econ [Internet]. 1 mai 2003 [cité 30 oct 2022]; (30). Disponible sur: <https://journals.openedition.org/interventionseconomiques/993#quotation>.
- [16] Palheta U. L'apprentissage compagnonnique aujourd'hui entre résistance à la forme scolaire et transmission du « métier »: Sociétés Contemp. 9 mars 2010; n° 77 (1): 57-85.
- [17] Delors J. L'Éducation: un trésor est caché dedans; rapport à l'UNESCO de la Commission internationale sur l'éducation pour le vingt et unième siècle - UNESCO Bibliothèque Numérique [Internet]. Paris: UNESCO; 1996 [cité 2 nov 2022]. Disponible sur: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000115930>.
- [18] Benghozi PJ, Paris T. De l'intermédiation à la prescription: le cas de la télévision. Rev Fr Gest. 2003; 142 (1): 205-27.
- [19] Mumbere Tsaka R. L'architecture congolaise : mythe ou réalité ? Editions du Cerdaf; 2014.
- [20] Gick ML, Holyoak KJ. Schema induction and analogical transfer. Cognit Psychol. janv 1983; 15 (1): 1-38.
- [21] Baujard C. Savoir (s) et apprentissage: comment apprécier l'intelligence organisationnelle ? Savoirs. 2014; 34 (1): 47-70.
- [22] Nonaka I, Takeuchi H. The Knowledge-creating Company: How the Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation. Oxford University Press; 1995. 284 p.

Étude et Prototypage d'un Nouveau Dispositif d'Acquisition de Données de l'Environnement Maritime et Transmission à un Terminal Moniteur Android

[Study and prototyping of a New Device for Acquisition of Maritime Environment Data and transmission to an Android Monitoring Terminal]

Thérèse R.F. ATSA'A OWONA¹, Paul ETOUKE OWOUNDI², and Jean MBIHI³

Laboratoire de Recherche en Génie Informatique et Automatique, ENSET, University of Douala, Douala, Cameroon

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

ABSTRACT: The most popular device used for safety in the sea medium is a life-jacket. Its main technical usage is to maintain the wearer on the sea surface while waiting the arrival of a safety staff. In this paper, an Electronic-Textile device to be embedded to a life-jacket model is proposed, for signalization of the environment ambient data of the jacket wearer. His device is implemented using a mixed of SMS (short message Service) and GPS (Global positioning System) communication technologies. In this paper, the proposed model of life-jacket, the leaders will discover the design policy, the experimental study steps, as well as relevant results obtained when successfully testing a first prototyping realization.

KEYWORDS: Life-Jacket, Electronic-textile, ESP32, WiFi server, GPS (Global positioning System), GSM (Global System for Mobile), IoT (Internet of Things) Client, Smartphone monitor.

RESUME: Le dispositif le plus populaire pour le secourisme en milieu maritime est un gilet de sauvetage. Son usage technique principal est de maintenir le porteur du gilet à la surface de l'eau en attendant l'arrivée du personnel de secours. Dans ce article, un dispositif Électronique à embarquer au porteur de gilet de sauvetage, pour signalisation des données environnementales du porteur du gilet. Ce dispositif est mis en œuvre à base des technologies combinées de communication par SMS (short message service) et GPS (Global Positioning system). Dans cet article les lecteurs découvriront la stratégie de conception, les étapes d'étude expérimentale, ainsi que les résultats importants obtenus en testant avec succès un premier prototype du gilet de sauvetage Électronique-Textile réalisé.

MOTS-CLEFS: Gilet de sauvetage, Électronique-textile, ESP32, Serveur WiFi, GPS (Global positioning System), GSM (Global System for Mobile), Client IoT (Internet of Things), Moniteur Smartphone.

1 INTRODUCTION

Les vêtements individuels de flottabilité tels que les gilets de sauvetage peuvent sauver la vie lors de la traversé des mers, des fleuves et des grandes rivières [1]. Néanmoins, les gilets de sauvetage en zone maritime de personnes non interactifs et ni communicants sans fil, sont de moins en moins à l'ordre du jour [2]. En effet, le niveau d'efficacité des gilets de sauvetage déployés pour les nécessiteux, peut être plus renforcé de nos jours par des moyens d'interactivité [2] - [3]. C'est le cas de l'intégration aux gilets de sauvetage classiques, des solveurs matériels et logiciels à base des nouvelles technologies de l'information et de la communication. Ces types de systèmes qui fournissent les informations précises sur la position des personne en situation de détresse, a fait l'objet d'un programme international qui existe depuis les années 1982., et a déjà permis de secourir plus de 30000 personnes en situation de détresse [5] - [6].

Dans le cas des systèmes de sauvetage à grande échelle, il existe des solutions techniques à base du déploiement d'un vaste réseaux communiquant, qui met en jeu des satellites maritimes et de stations côtières de grands lacs [5]. Cependant, la mise en œuvre de ces macro systèmes de sauvetage, exige des moyens techniques et logistiques énormes, nécessitant ainsi des fédérations de moyens logistiques entre plusieurs états à l'échelon régional voire continental. Pour des systèmes à échelle géographique moyen, d'autres chercheurs se sont intéressés au marché des clients opérants dans les lacs de zones urbaines, ainsi que dans les grands lacs et fleuves des régions rurales. Dans ces cas, l'objectif visé est de proposer à cette catégorie spéciale de clients exposé au risque de noyage, des gammes de gilets de sauvetage plus confortables, moins coûteux et pourvus des technologies de communication pour grand public. Les premiers travaux de recherche sur cette nouvelle catégorie de gilets de sauvetage communicants et moins coûteux sur a plan logistique d'utilisation, ont été publiés à partir des années 2015 [7].

Les technologies de base d'instrumentation les plus répandues jusqu'à date dans le contexte de gilets de sauvetages sont:

- LCD (Liquid Cristal Display (Afficheur à cristaux liquide en français) [6];
- SAR (Search And Reschue (Recherche et sauvetage en français) [8], [9], [10]);
- GPS (Global Positioning System (Système global de positionnement en français) ([7], 11, 13, 14);

Cependant, dans le marché actuel des gilets de sauvetage, chaque modèle de gilet de sauvetage est conçu pour embarquer une seule technologie d'alerte. Ainsi, l'objectif de cet article porte sur un nouveau modèle de gilet de sauvetage dont la qualité et la sureté de service sont plus renforcées.

Dans la section 2 de cet article, on va présenter les outils et méthodes d'étude de ce nouveau type de gilet de sauvetage Électronique-Textile, qui combine les technologies GPS et GSM. Dans la section 3, on va décrire le premier prototype du nouveau type de gilet de sauvetage proposé, ainsi que le banc d'essais de prototypage et les résultats d'essais du prototype réalisé. Enfin, la section 4 portera sur la conclusion de l'article.

2 OUTILS ET METHODES

2.1 SCHEMA BLOC DU NOUVEAU MODELE DU GILET DE SAUVETAGE

La figure 1 présente le schéma bloc simplifié du nouveau gilet de sauvetage proposé. Ce schéma se distingue de ceux existants par présence de plusieurs éléments constitutifs tels que: Plaque solaire de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique, convertisseur DC-DC pour les besoins d'énergie d'alimentation électrique de secours, buzzer, LEDs, capteur de température, modules GPS et GSM (Global System for Mobile).

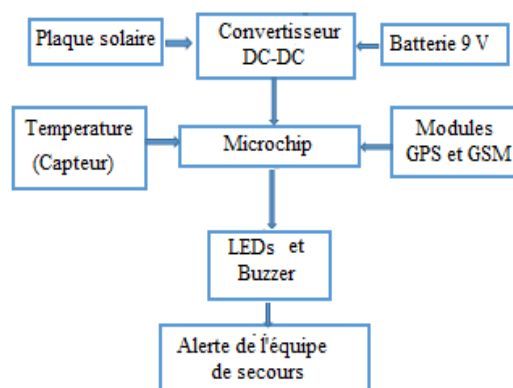


Fig. 1. Schéma bloc simplifié de la partie Électronique-textile du gilet de sauvetage

2.2 OUTILS DE MISE EN ŒUVRE ET SCHEMA DE PRINCIPE VIRTUEL

Les outils matériels choisis pour la mise en œuvre de la partie électronique-textile du gilet de sauvetage sont:

- Batteries 3S de 12.6 volts avec capacité de 5000 MAH
- Module DS18B20 (sonde de température)
- Module GSM (Global System for mobile) SIM800L émet/reçoit les données de messagerie/appels (2G-2SM et GPRS)
- Module GPS Neo6M de géolocalisation de position et de l'orientation du porteur du gilet de sauvetage

- Micro-chip ESP32 WROOM-32 (serveur WIFI locale d'acquisition des données, avec transmission au client IoT)
- Autres: Buzzer et LEDs
- Smartphone (côté IoT client) de monitoring des résultats transmis par l'ESP32 (serveur Wifi local)
- Puis, les outils logiciels suivants ont été retenu:
- Matlab 2018a pour simulation numérique
- Fritzing 10.910, pour modélisation virtuelle de la carte électronique à base de ESP32 WROOM-32, et génération du schéma de principe virtuel
- Arduino IDE/C++ 1.8.13 (outil gratuit de développement de l'Application C++ à charger dans la minicarte ESP32)
- EASYEDA 6.5.34 (outil gratuit de conception et simulation de circuits électroniques et circuits imprimés)

La figure 2 présente le schéma de principe virtuel de l'instrument proposé. On y observe les outils matériels listés dans la section 2.2.

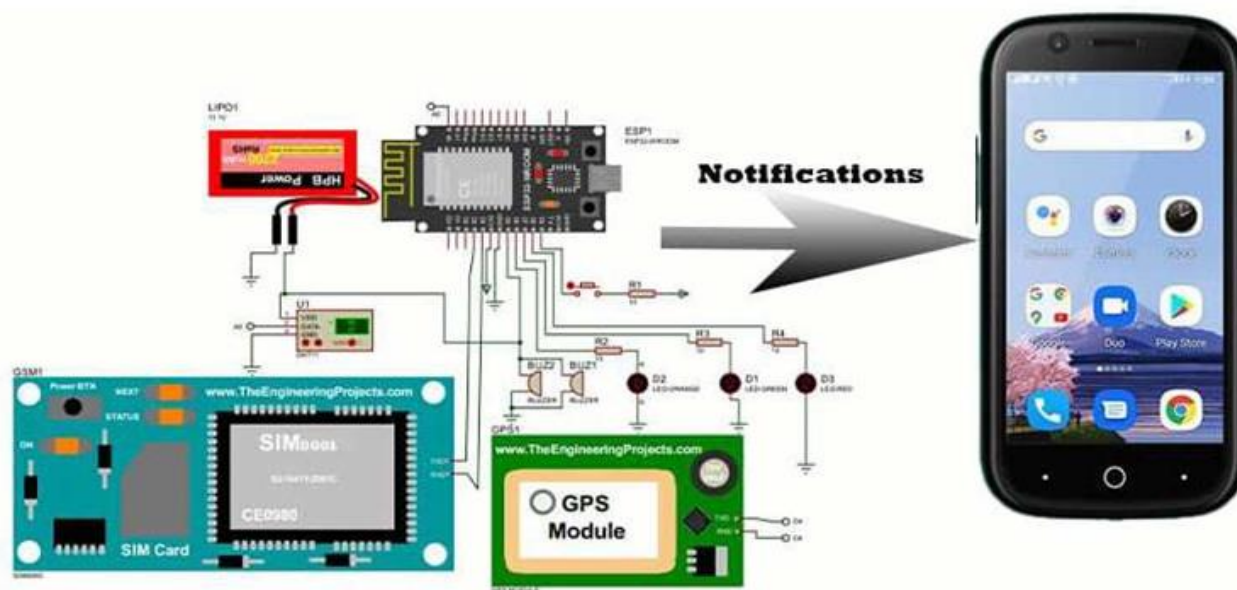


Fig. 2. Schéma de principe virtuel dans Fritzing de l'instrument proposé

2.3 ORGANIGRAMMES SIMPLIFIES DE PROGRAMMATION DE L'APPLICATION LOGICIELLE

L'organigramme simplifié de la figure 3 présente les principales étapes et séquences des processus mis en jeu. Par contre, l'organigramme détaillé de la figure 4 décrit la structure algorithmique détaillée du module logiciel composite et distribués, impliquant trois principaux composants programmables (ESP32- GSM SIM800L - Smartphone), requis pour la mise en œuvre des processus d'instrumentation, de communication et de monitoring en temps réel des résultats numériques qui seront présentés dans la section suivante.

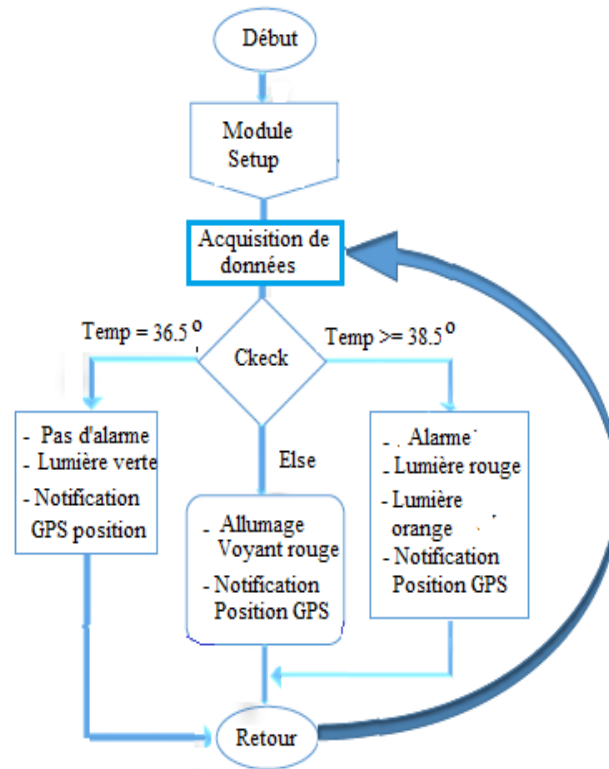


Fig. 3. Organigramme simplifié du dispositif électronique -textile embarqué au gilet de sauvetage

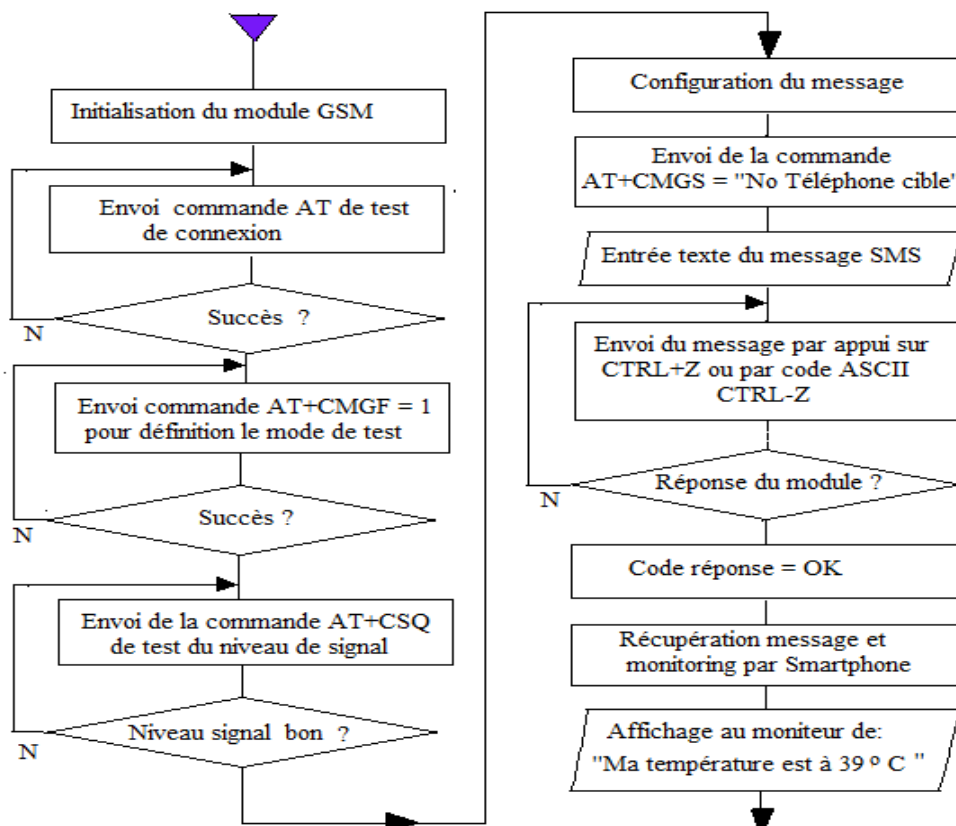


Fig. 4. Organigramme du logiciel de programmation composite de: ESP32- GSM SIM800L - Smartphone

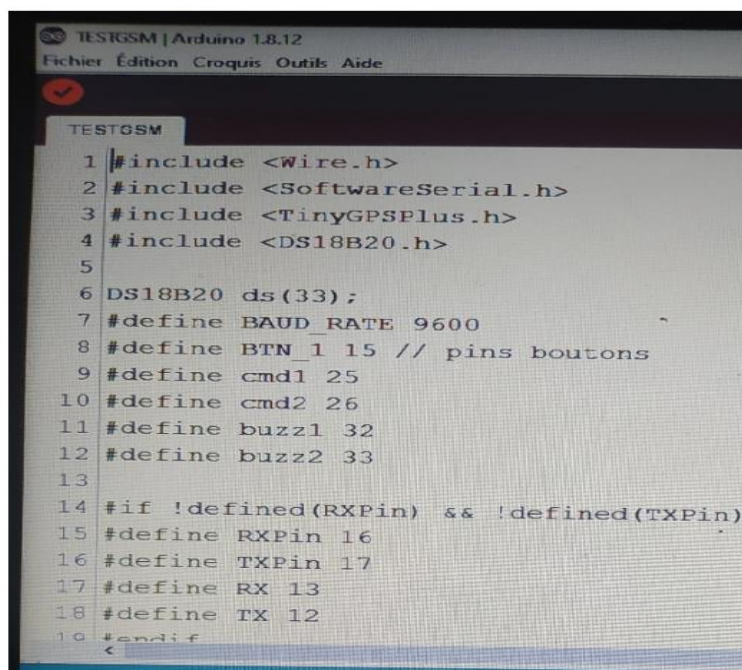


Fig. 5. Portion du programme de l'application Arduino C++

2.4 PROGRAMMATION ARDUINO C++ DE L'APPLICATION À COMPILER ET EMBARQUER DANS L'ESP32 WROOM-32

La fig. 5 présente une copie scannée de la portion du programme Arduino C++, utilisé pour mettre en œuvre l'application compilée et embarquée et chargé dans la mémoire de programme de l'ESP32, pour l'exécution en temps réel des opérations programmables prévues.

2.5 DISPOSITIF IOT CLIENT DE MONITORING DES DONNEES TRANSMISES PAR LE SERVEUR IOT LOCAL ESP32

3 PROTOTYPAGE ET ESSAIS DU DISPOSITIF ÉLECTRONIQUE-TEXTILE

3.1 PROTOTYPE DE L'INSTRUMENT

La carte électronique complète de l'instrument proposé, est présenté dans la figure 6, où les éléments constitutifs sont numérotés de 1 à 9. Il s'agit en effet d'une maquette permettant de valider le principe opérationnel de la partie instrument électronique, à monter confortablement à bord de notre modèle de gilet de sauvetage signalétique et communicant.

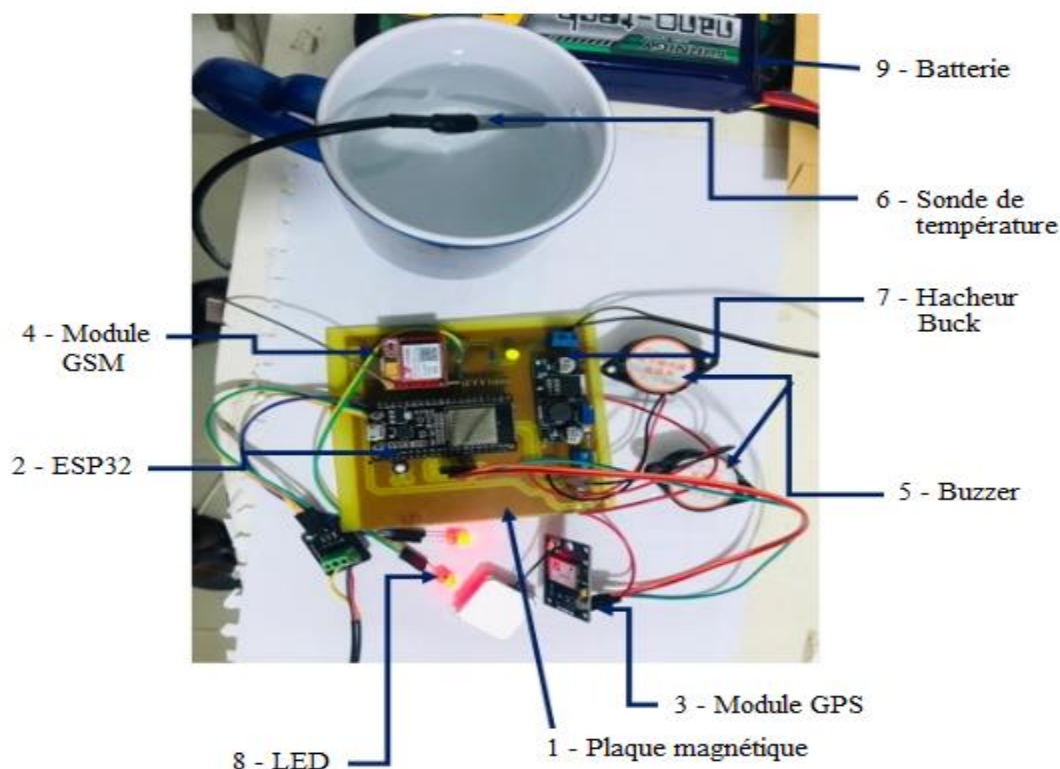


Fig. 6. Prototype réel de la carte électronique de l'instrument

Du point de vue opérationnel, il est important de rappeler que: le Module GSM-SIM800L émet les données de messagerie selon l'ordre suivant: activation des commandes AT et du numéro de téléphone cible de communication, puis envoi des paramètres de transmission du message. Dans ces conditions l'ESP32 qui prend en charge la transmission du message au moniteur

3.2 ESSAIS DU PROTOTYPE EXPERIMENTAL DU NOUVEAU DISPOSITIF IOT

3.2.1 CONTEXTE ET CONDITIONS OPERATOIRES DES ESSAIS

Les conditions opératoires des essais ont été les suivantes:

- Site expérimental du dispositif électronique local: île de Manoka dans l'arrondissement de Douala 5 au Cameroun;
- Protocoles de transmission à longues distances des données locales: SMS, GSM et GPS;
- Espace de transmission des données locales pour monitoring par smartphone: Manoka-Yaoundé (210 Km);
- Durée de la campagne des essais expérimentaux: 2 jours (48 heures);
- Période d'échantillonnage des données locales transmises: 03 heures;
- Plage de variation de la température locale pendant les 2 journées d'essais expérimentaux: 26 °C à 29,5 °C

3.2.2 ESSAIS DE TEMPÉRATURE

Pour les essais de température, la figure 7 présente les résultats d'acquisition en temps réel de la température ambiante de l'île de Manoka du 19 au 20 Janvier 2024. On constate que les échantillons de température prélevés par la sonde DS18B20 embarquée à notre dispositif électronique sont conformes. En effet, la plage recommandée pour la natation est comprise entre 25°C et 28°C [15].

N°	Durée	Relevés							
1	Jour	19 Janvier 2024							
	Heure	00	03	06	09	12	15	18	21
	Temp °C	27.2	26.9	26.9	28.1	28.1	27.9	27.9	27.5
2	Jour	20 Janvier 2024							
	Heure	00	03	06	09	12	15	18	21
	Temp °C	27.3	27	26.9	26.1	28.1	29.5	27.9	26.9

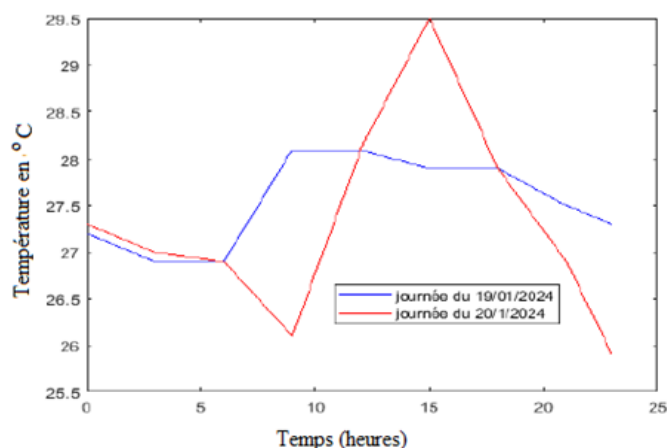


Fig. 7. Données de température collectées en 2 jours

3.2.3 ESSAIS D'ENSEMBLE DES CARACTERISTIQUES DU MILIEU AMBIANT

Les essais d'ensemble requis pour la mesure des caractéristiques du milieu ambiant {Température, Latitude, longitude} ont été effectués. Les données acquises étant automatiquement transmises en temps réel (conformément aux protocoles SMS et GSM), au Smartphone de monitoring opérant dans la ville de Yaoundé au Cameroun.

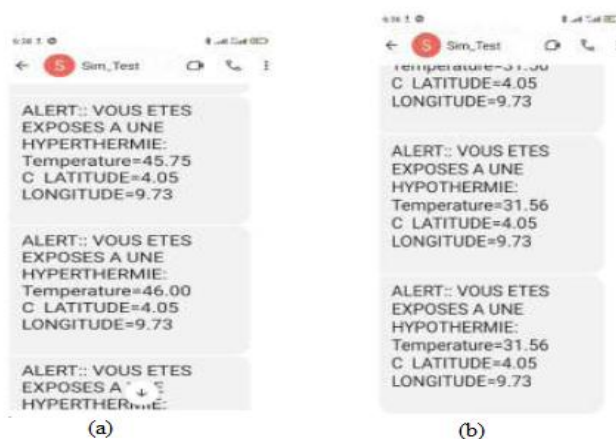


Fig. 8. Captures d'écran du Smartphone opérant à Yaoundé (210 Km de l'île de Manoka)

Les 02 échantillons d'images obtenues par capture d'écran du Smartphone actif, sont présentées dans la figure 8. Dans chaque figure (Fig. 8a ou Fig. 8b), chaque séquence de 03 données affichées (Alerte-température, latitude et longitude), est dûment acquise à Manoka et transmise à Yaoundé pour monitoring par Smartphone, pendant une durée assez faible comparée à la période d'échantillonnage temporel d'environ 3 heures (voir figure 7). Il est important de constater que dans chaque figure, les données de température ambiante varient d'une période d'échantillonnage à la période suivante. Par ailleurs, il ressort de que les valeurs affichées des données GPS (longitude, latitude) sont constantes et indépendantes des séquences et du moment d'acquisition des données. Ceci prouve qu'à l'île de Manoka notre dispositif n'est pas mobile.

4 CONCLUSION

Notre nouvel instrument étudié en profondeur avec prototypage et essais expérimentaux, est en réalité un organe original à embarquer à un nouveau modèle de gilet de sauvetage à vocation électronique-textile. Il permettra en effet d'acquérir automatiquement les données ambiantes d'un milieu maritime (température, longitude, latitude), puis de les transmettre à longue distance à l'aide de protocoles de communication composites (SMS, SGM and GPS), au smartphone d'une équipe de secouristes. L'île de Manoka de l'arrondissement de Douala 5 (Cameroun) a servi de site expérimental de l'installation du dispositif, puis la phase d'essais expérimentaux a duré 48 heures (soit 2 jours). Dans ces conditions expérimentales, le smartphone moniteur des résultats opérait à un lieu distant de 210 Km, plus précisément dans la ville de Yaoundé (Cameroun).

Les résultats obtenus et enregistrés à Yaoundé pendant 2 jours sont cohérents et très appréciables. Cependant, la suite de nos travaux concernant les nouveaux essais expérimentaux, lors des périodes de forte perturbations environnementales à Manoka, en vue de mieux appréhender les plages de précision de ce nouveau dispositif, à embarque dans un modèle original de gilet de sauvetage électronique textile Android.

REMERCIEMENTS

Les auteurs de cet article remercient l'état camerounais via le MINESUP, pour l'aide multiforme octroyée qui leur a permis de couvrir en partie les frais divers de logistique et de rédaction de ce projet d'article. Les frais supplémentaires requis ont été fournis par les auteurs.

REFERENCES

- [1] Admin, « SINTEF: Le gilet de sauvetage intelligent ». Consulté le: 6 septembre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.equipements-flottaison.fr/le-gilet-de-sauvetageintelligent-2/>.
- [2] L. Van Langenhove, C. Hertleer, et A. Schwarz, « Smart Textiles: An Overview », in *Intelligent Textiles and Clothing for Ballistic and NBC Protection*, P. Kiekens et S. Jayaraman, Éd., in NATO Science for Peace and Security Series B: Physics and Biophysics., Dordrecht: Springer Netherlands, 2012, p. 119-136. doi: 10.1007/978-94-007-0576-0_6.
- [3] « Histoire des Gilets de Sauvetage ». Consulté le: 5 janvier 2023. [En ligne]. Disponible sur: http://www.goldiproductions.com/revenir_vivant/histoire.html.
- [4] S. Bouwstra W. Chen, L. Feijs, et S. B. Oetomo, « Smart jacket design for neonatal monitoring with wearable sensors », in *2009 Sixth International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks*, IEEE, 2009, p. 162-167.
- [5] A. S. Sokpor, « Conception de balises de détresse intégrées aux équipements de sécurité maritime », PhD Thesis, Université Rennes 1, 2018.
- [6] A. S. CAESAR, « Rancang bangun prototype smart life jacket berbasis internet of things, padaalat keselamatan transportasi air », PhD Thesis, Institut Teknologi Telkom, Purwokerto, 2019.
- [7] « Provoked by 'boat migrants' tragedy, young Syrian refugee invents smart life jacket », Jordan Times. Consulté le: 10 janvier 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://jordantimes.com/news/local/provoked-boat-migrants%E2%80%99tragedy-young-syrian-refugee-invents-smart-life-jacket>.
- [8] « 240490-prototipe-smart-life-jacket-berbasis-ard-f4b5774d.pdf ».
- [9] R. D. Ballard, N. Froman, K. Marschall, et M. Becquet, *À la découverte du Titanic* Scholastic Canada, 2005.
- [10] J. Rodriguez Garcia, « Numerical study of dynamic relaxation methods and contribution, to the modelling of inflatable lifejackets », PhD Thesis, Lorient, 2011.
- [11] G. Alonge, « Indici », Indici, p. 1000-1016, 2000.
- [12] C. Carfantan, M. Gehant, P. Y. Pegaz, B. Bourgeois, J. Clement, et J. Bancarel, « Les missions de secours hélicoptères du Centre Médical des Armées de Solenzara », *Médecine d'urgence*, vol. 6 (1), 3, p. 193-199, 2016.
- [13] « UNB engineering students develop marine lifejacket with built-in tracking system », Consulté le: 10 janvier 2023. [En ligne]. Disponible sur <https://blogs.unb.ca/newsroom/2019/03/unb-engineering-students-develop-marine-lifejacket-with-built-in-tracking-system.php>
- [14] B. U. Srievatsan et S. K. Jindal, « Raspberry Pi Powered Communicatable Intelligent, Life Jacket », 2022.
- [15] Y. Houdas et E. F. J. Ring, *Human Body Temperature: Its Measurement and Regulation* Springer Science & Business Media, 2013.

Étude et Prototypage d'un Nouveau Dispositif de Détection et Monitoring Assisté par ESP32 de l'État de Posture du Dos d'un Employé dans un Poste de Travail

[Study and Prototyping of a New Device for ESP32-Based Detection and monitoring of the Back Posture State of an Employee in a Workstation]

Njonogo Charnelle, Mbihi Jean, and Etouké Owoundi Paul

Laboratoire de Génie Informatique et Automatique, ENSET Douala, Université de Douala, Douala, Cameroon

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

ABSTRACT: The aim of this project is to prototype an automatic posture corrector device using an ESP-32 microcontroller, with a sensor integrated into the electronic-textile device. The sensor senses both the back posture of a person and his/her temperature and gives out a beep output to notify that the sitting posture is incorrect. Once the sitting posture is adjusted correctly, the beep stops. Information on the posture and the temperature is equally displayed on a Smartphone or a Personal Digital Assistant (PDA) via a Bluetooth wireless connection. The main goal is automatically correct the sitting posture of an individual.

KEYWORDS: back posture, employee, prototyping, automatic corrector, ESP32 microcontroller, electronic-textile.

RESUME: Ce projet vise à prototyper un dispositif de correction automatique de la posture, à l'aide d'un microcontrôleur ESP-32, en utilisant un capteur placé dans le dispositif électronique-textile. Le capteur détecte à la fois la position du dos d'une personne et sa température et émet un signal sonore pour signaler que la position assise est incorrecte. Une fois que la position assise est ajustée correctement, le signal sonore s'arrête. Les informations relatives à la posture et à la température sont également affichées sur un Smartphone ou un assistant numérique personnel (ANP) via une connexion sans fil Bluetooth. L'objectif principal est de corriger automatiquement la position assise d'un individu.

MOTS-CLEFS: posture du dos, employé, prototypage, correcteur automatique, microcontrôleur ESP32, électronique-textile.

1 INTRODUCTION

L'industrie textile de la mode est engagée dans un extraordinaire mouvement d'innovation [1]. Comme dans tous les secteurs de l'industrie et de l'économie en général, on peut constater une révolution numérique des nouvelles fonctionnalités de la mode de luxe qui s'avèrent encore bien plus impressionnante. Les textiles intégrés par de capteurs ou des éléments électroniques sont actuellement en plein essor. On peut donc constater sur ces vêtements interactifs que les prototypes sont programmés afin d'établir une communication sensorielle ou autre entre son porteur et lui-même [2], [3].

Depuis les années 2000, les acteurs des industries textiles et de l'électronique sont captivés par les textiles intelligents. Ces derniers se définissent comme étant une nouvelle discipline qui étudie la conception et la fabrication de l'habillement composite à base du textile [4]. Elles apparaissent comme une solution à de nombreux maux. Au regard de la société actuelle et des problèmes dont elle fait face, de nombreuses recherches révèlent les conséquences négatives du mal de dos et principalement la lombalgie dans le domaine médical sur la santé des travailleurs en particulier et de l'entreprise en générale

dans le monde professionnel [5], [6]. Ce qui reste encore un épiphénomène bien réel et devrait davantage être pris en compte. L'environnement de travail est donc une sphère déterminante pour améliorer le bien-être des individus et de l'entreprise [5].

De manière générale les textiles intelligents sont considérés comme étant des textiles capables de capter ou d'analyser un signal. Il faut donc savoir que les vêtements qui avaient pour fonction première de couvrir le corps, de protéger contre les intempéries, peuvent donc grâce à des procédés scientifiques très innovants être capables de diagnostiquer, soigner ou d'interagir à la place de l'homme [7]. Les dispositifs intégrés aux vêtements vont être amenés à se développer fortement car les secteurs tels que : la sécurité, le sport, la santé sous la base des travaux de L'IETR (Institut d'électronique et de télécommunications de Rennes) [8]. Paul Rosero, Edwin Rosero et Ana Cristina Umaquinga dans leur ouvrage intitulé, « évolution des textiles intelligents : revue de la littérature », font allusion au premier textile intelligent du 19^{ème} siècle [9].

Leonardo Pedro, Rul Valente de A, Ribeiro Bruno, dans *System for Posture Evaluation and Correction* développent un Second Prototype for an Intelligent Chair, développe une chaise intelligente [10]. Longuet S, Leborgne P, Baucher J, dans « effet de tee-shirt perko sur la posture debout et assise », avec pour objectif de comprendre et analyser les effets de la posture de l'individu avec une seconde peau qui est le tee-shirt perko constitué des tenseurs au dos [11]. En janvier 2006 Anna Boczkowska, Marcin Leonowicz « dans matériaux intelligents pour des textiles intelligents » parle de la création des vêtements avec des niveaux de fonctionnalité et d'intelligence plus élevés, et définit tout en présentant les différents polymères intelligents, [12] mais les auteurs ne présentent pas les différentes étapes pour rendre un textile intelligent.

La littérature existante et consultée révèle la montée en puissance des textiles intelligents dans le monde, cela s'est d'ailleurs relevé aux jeux olympiques à Tokyo en 2020. Mais il est tout de même regrettable que l'Afrique ne se sente pas concernée par cette discipline qui est en pleine essor. En fin de pouvoir mieux appréhender le correcteur de posture, il est nécessaire d'avoir des connaissances sur le phénomène de la lombalgie.

D'après les données de L'INRS en 2010 la lombalgie est la première cause d'arrêt de travail et de maladie professionnelle, elle se caractérise par une douleur généralement intense au niveau du bas du dos [11]. Le dos est constitué de quatre structures principales, soit les vertèbres, les disques, les tendons et les muscles. Certaines de ces structures présentent des composantes sur lesquelles s'exercent des forces importantes lors de la mobilisation, elles peuvent donc être atteintes de lésions telles qu'un ligament étiré, un spasme musculaire, un nerf comprimé, une articulation irritée, un disque aplati, ce qui peut causer de la douleur au dos [13].

Notre posture devrait en fait être au sommet de nos préoccupations en matière de santé, la négligence envers le maintien d'une posture qui ne met pas notre colonne vertébrale en danger est importante [14] car, ne pas adopter la bonne posture peut causer des douleurs aux épaules, au dos, une fonction pulmonaire réduite, des douleurs gastro-intestinales, une scoliose et un syndrome postural [15] et il existe une gamme d'autres maladies qui peuvent gravement affecter notre vie de tous les jours [16]. Il s'agit donc d'un véritable problème de santé qui touche un bon nombre de personnes et qui a de nombreuses conséquences sur le personnel comme sur les entreprises.

Au regard de la mondialisation, le développement de l'informatisation apporte actuellement de nouveaux risques pour la santé. Les personnes malades ont un impact significatif sur la productivité des bureaux car les gens se déplacent beaucoup moins [17]. Les systèmes embarqués sont devenus très populaires on peut ainsi parler d'une vulgarisation ces dernières années. On constate alors que ce domaine intervient particulièrement dans la technologie de surveillance de la santé [18].

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SCHEMA BLOC

Le schéma bloc du dispositif d'instrumentation de la posture proposé est illustré à la figure 1. Il se compose de quelques éléments importants, à savoir un corps humain, un gyroscope MPU, un microcontrôleur ESP32, un avertisseur sonore et un indicateur LED.

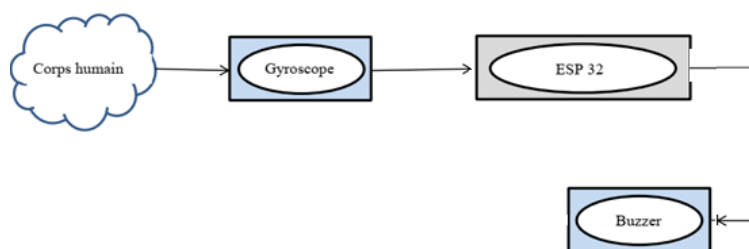


Fig. 1. Présentation de schéma bloc

2.2 SPÉCIFICATIONS DES OUTILS

Le tableau 1 présente les spécifications techniques des outils matériels utilisés pour construire le dispositif de détection de posture proposé. Les critères pertinents requis pour les pièces matérielles sont: la disponibilité sur le marché électronique local, la fiabilité, une plage de fonctionnement suffisante, un poids et un coût faibles, etc.

Tableau 1. Spécifications techniques des outils

S/N	Outil	Spécifications
1	GY-521 : Capteur MPU6050 Module 	– Puce capteur : MPU-6050 – Sensibilité du gyroscope : ± 250, ± 500, ± 1000, ± 2000 degrés/seconde – Sensibilité de l'accéléromètre : $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$, $\pm 16g$ – Communication : Interface I²C (deux fils) – Tension d'alimentation : 3,3V - 5V – Courant de fonctionnement : 3,9 mA (mode actif), 5 μA (mode faible consommation). – Déchargement du moteur Digital Motion Processing™ (DMP™) : Traitement des données Motion Fusion™ jusqu'à 9 axes. – Plage d'échelle complète du gyroscope : ± 250, ± 500, ± 1000, $\pm 2000^\circ/s$. – Gamme complète d'échelle de l'accéléromètre : $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$, $\pm 16g$ – Filtre numérique passe-bas (DLPF) avec des largeurs de bande de 5, 10, 20, 42, 98 Hz – Adresse I2C : 0x68 (par défaut) ou 0x69 (configurable) – Moteur Digital Motion Processing™ interne : ADC 16 bits et accélérateur matériel – Plage de température : -40°C à $+85^\circ\text{C}$ – Dimensions : Environ 20 mm x 15 mm
2	Buzzer 	– Type : Indicateur sonore – Niveau de pression acoustique : Minimum de 75dB – Fréquence de résonance : 2kHz - 4kHz – Réponse en fréquence : 31Hz - 65535Hz – Tension de fonctionnement : 3V- 250V – Impédance : 12 ohms
3	ESP32-WROOM-32 Module 	– Double cœur : 32 bits – Fréquence d'horloge : SO - 240 MHz – SRAM : 512 – Mémoire ROM : 448 KM – Mémoire flash prise en charge : Jusqu'à Mégaoctet Version 4.2 (BLE) – 23 broches à usage général : DIO 18 ADC, 02 ADC, 16 PWM, 02 I²C, 02 I²S, Touch etc. – Connecteur USB : version 2.0 – 03 modes de fonctionnement : AP. Client et les deux – 02 à bord : Réinitialisation et activation - LED rouge pour la mise sous tension : 01 – Vcc supporté : 3.3V- Plage de tension active : 2V - 3.6V – Température de fonctionnement : -40°C à -125°C

4	Laptop 	– Processeur : Intel (R), Core™, i3-3110 CPU, – Fréquence 2040GHz – RAM : 4.00 GB – Système : 64-bit
5	Tissu de coton 	– Très doux pour la peau – Bonnes propriétés isolantes et thermiques

2.3 SCHÉMA DE PRINCIPE

Le schéma de principe du dispositif d'instrumentation de la posture proposé est illustré à la figure 2.

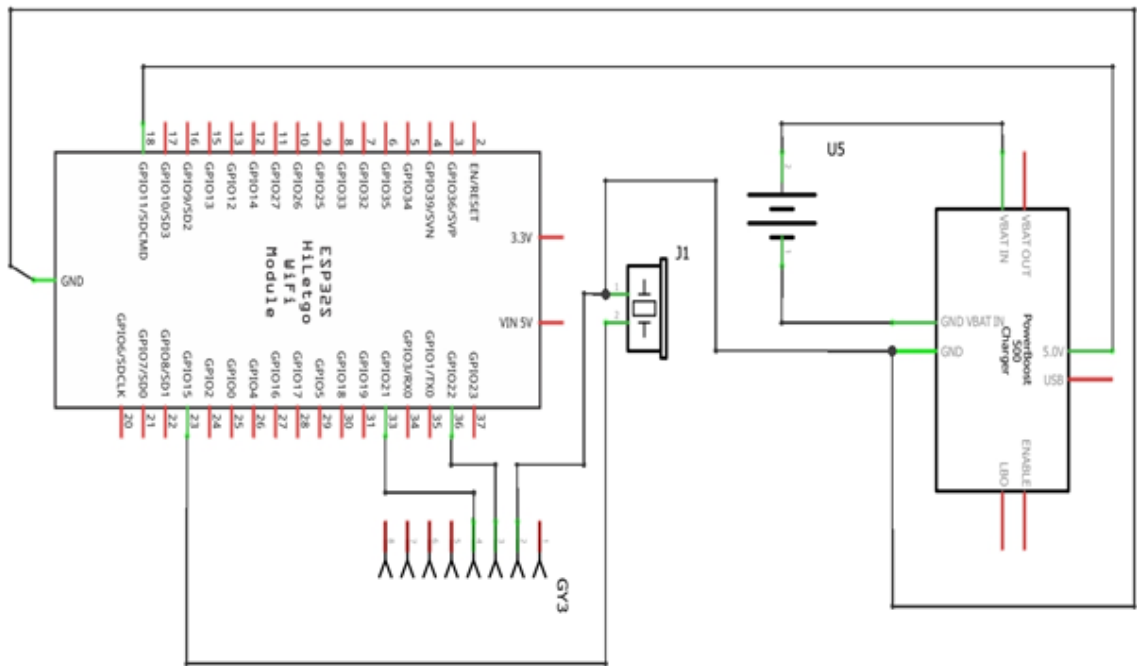


Fig. 2. Schéma de principe dans le logiciel Fritzing

Nous disposons également d'un montage virtuel pour les simulations réalisées avec le logiciel Fritzing afin d'illustrer plus précisément la façon dont les différents composants sont interconnectés.

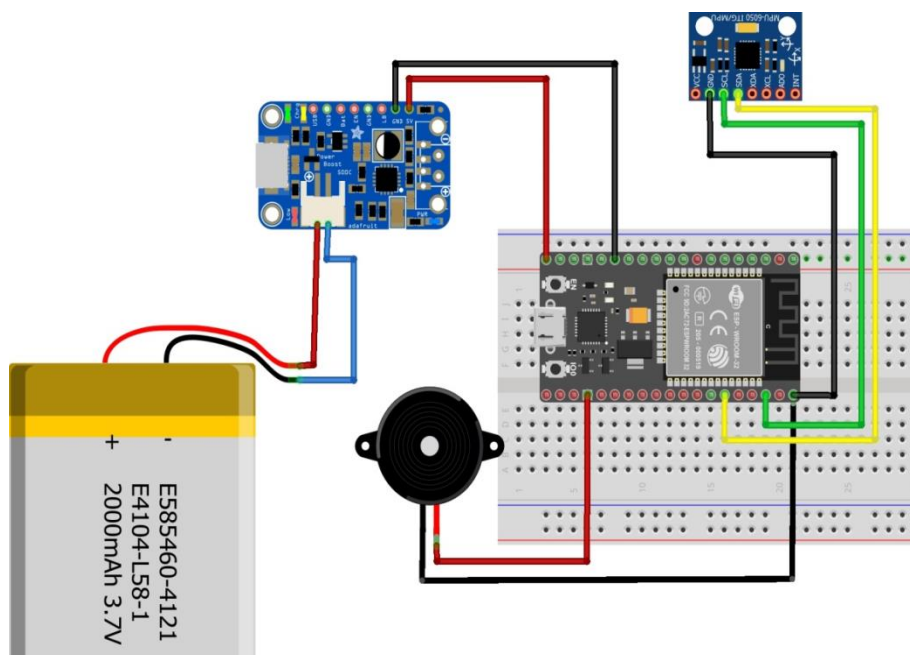


Fig. 3. Montage Virtuel du système dans le logiciel Fritzing

2.4 TECHNIQUES D'EXPLOITATION DES OUTILS PRINCIPAUX

2.4.1 MPU-6050 GYROSCOPE

L'un des composants importants et indispensables de ce système de détection de la posture est le capteur MPU 6050 qui joue un rôle vital en détectant la posture du côlon vertébral humain à l'aide de son gyroscope.

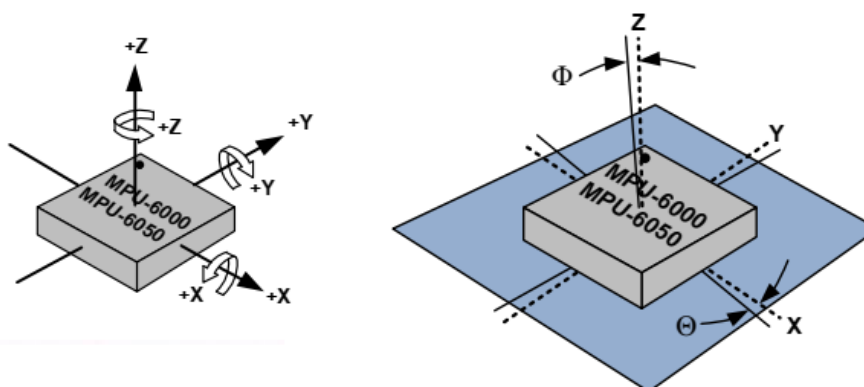


Fig. 4. Orientation des axes de sensibilité et Polarité de la rotation

2.4.2 PRINCIPE PHYSIQUE OPÉRATIONNEL DU GYROSCOPE

2.4.2.1 MESURE DE PENTE AVEC DEUX AXES

Une méthode légèrement plus fiable pour calculer la pente consiste à utiliser deux axes. Avec lui, vous pouvez mesurer de -90° à 90° , sans aucune perte de sensibilité. Se souvenir de la géométrie cartésienne.

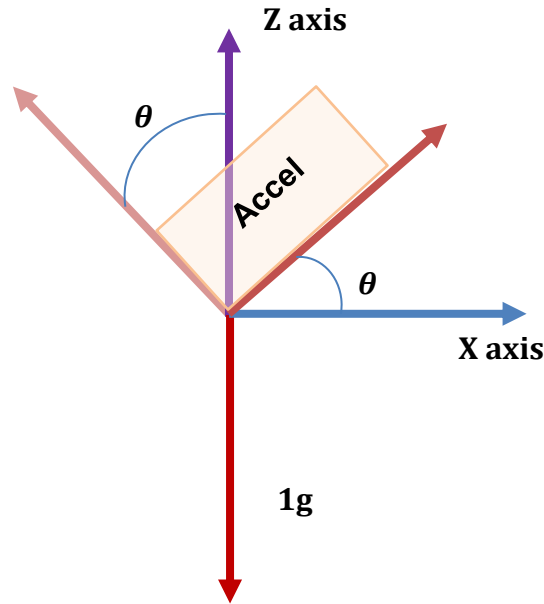


Fig. 5. Orientation des axes de sensibilité et Polarité de la rotation

$$\left\{ \begin{array}{l} \tan \theta = \frac{x}{z} \dots \dots \dots (1a) \\ \theta = \arctan\left(\frac{x}{z}\right) \dots \dots \dots (1b) \end{array} \right.$$

L'utilisation de deux axes améliore considérablement la précision de la mesure d'angle. Cependant, si votre accéléromètre tourne légèrement dans la direction de l'axe Y, les mesures seront à nouveau inexactes car certaines des composantes vectorielles de l'axe Z seront perdues par rapport à l'axe Z.

2.4.2.2 MESURE D'INCLINAISON SUR TROIS AXES

Pour une meilleure précision lors de la mesure de la pente, vous devez utiliser les trois axes pour déterminer l'angle. Fondamentalement, la même fonction arctan est utilisée, mais au lieu de simplement diviser par un axe, la magnitude entre deux autres axes est calculée.

$$\theta = \arctan\left(\frac{x}{\sqrt{z^2+y^2}}\right) \dots \dots \dots (2)$$

Avec l'équation ci-dessus, l'angle entre le vecteur de gravité et l'axe X peut être calculé. Selon la façon dont l'accéléromètre est placé sur la surface, l'angle peut être un tangage (inclinaison) ou un roulis (rotation). Fondamentalement, vous devez déterminer quels axes seront considérés comme un tangage et un roulis. Dans ce cas, le tangage et le roulis seront calculés ainsi:

$$Pitch = \arctan\left(\frac{x}{\sqrt{z^2+y^2}}\right) \dots \dots \dots (3)$$

$$Roll = \arctan\left(\frac{x}{\sqrt{z^2+y^2}}\right) \dots \dots \dots (4)$$

Pour implémenter ces deux équations dans le code, on utilisera la fonction atan2, fournie par la bibliothèque Math en C et C++. La fonction atan2 renvoie l'angle en radians, alors rappelez-vous la relation entre les degrés et les radians: 1 *radian* = $1 \frac{80}{\pi}$, soit environ $\sim 57^\circ$.

Tableau 2. Sensibilité de l'axe transversal par rapport à l'erreur d'orientation

Erreur d'orientation (θ ou Φ)	Sensibilité transversale ($\sin\theta$ ou $\sin\Phi$)
0°	0%
0.5°	0.87%
1°	1.75%

2.4.3 ESP32-WROOM-32

L'aspect physique et les broches d'entrée/sortie du module ESP32-WROOM-32 sont illustrés à la figure 5. Il offre 32 broches d'entrée-sortie multifonctionnelles reconfigurables et un module ESP32 intégré. Il s'agit de l'une des meilleures puces à faible coût et flexibles disponibles aujourd'hui pour les projets IOT ambitieux.

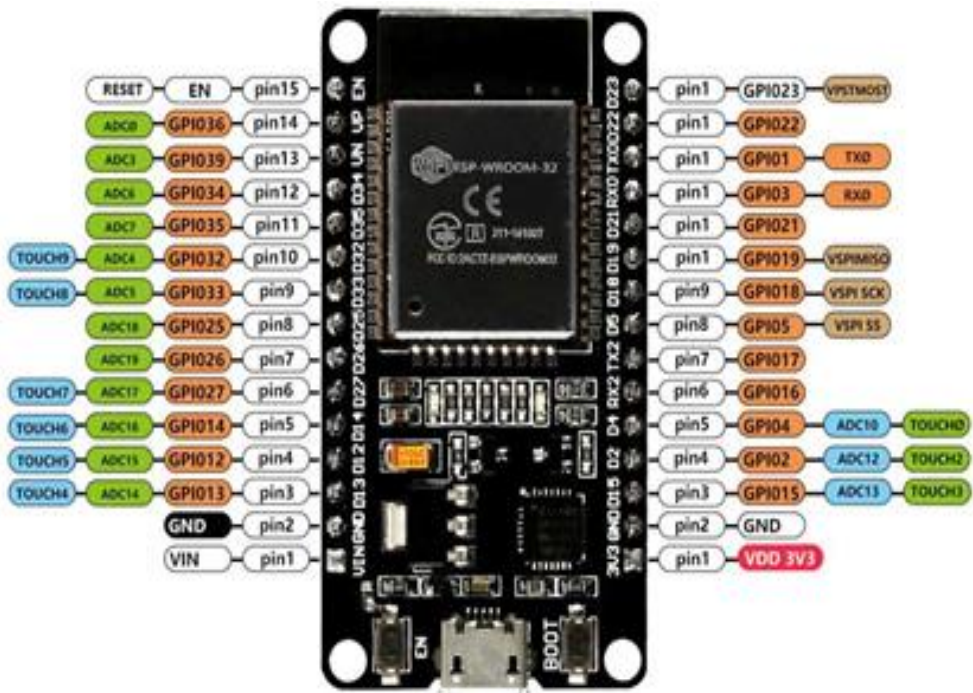


Fig. 6. Broches d'entrée/sortie du module ESP32-WROOM-32

2.4.4 BUZZER PIEZO PS1920P02

Cet élément piézo à basse fréquence (2kHz) est recouvert d'un traitement imperméable à l'eau. Ses dimensions physiques sont indiquées à la figure 7.

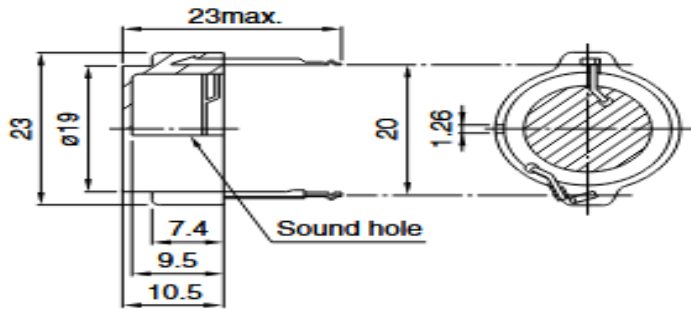


Fig. 7. Dimensions en millimètre

Les courbes de la figure 8 montrent la fréquence de réponse du buzzer lorsqu'il est activé

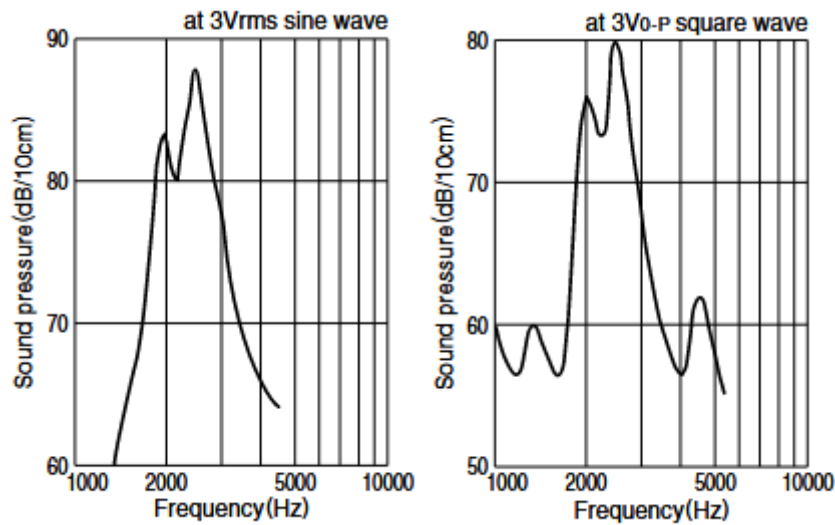


Fig. 8. Fréquence et caractéristiques de la pression acoustique

2.5 DIFFÉRENTS LOGICIELS UTILISÉS

L'ensemble d'applications utilisées pour la conception virtuel du correcteur de posture intelligent est présenté dans le tableau 3.

Tableau 3. Récapitulatif des logiciels utilisés

Logiciel	Description
	Fritzing est logiciel libre de conception de circuit imprimé permettant de concevoir de façon entièrement graphique le circuit et d'en imprimer le typon. La richesse de la bibliothèque de Fritzing permet aux ingénieurs de bien mener leurs projets. il permet à l'utilisateur de pouvoir crée et d'apprendre à utiliser les composants électroniques.
	Il est riche en ressource de base d'exploitation tel que les éditeurs de code tutoriel, et présenta à l'utilisateur une grande galerie de projet et comporte de nombreux pilote matériel préinstallé pour différent modèle de carte Arduino.
	Il est un logiciel open, qui crée des mannequins virtuel 3D ayant l'apparence humaine, sur des échelles normalisé. Le logiciel comporte plusieurs paramètres, avec un modèle transformé au moyen de facteurs d'échelle.
	Il est un logiciel gratuit alliant des nouvelles fonctionnalités 3D extrêmement performantes, indispensable pour tous ceux qui expriment leurs idées sur papier
	CP210x USB to UART bridge

2.6 ALGORITHME POUR DETERMINER UNE BONNE POSTURE

2.6.1 ORGANIGRAMME DE LA DETERMINATION DE POSTURE

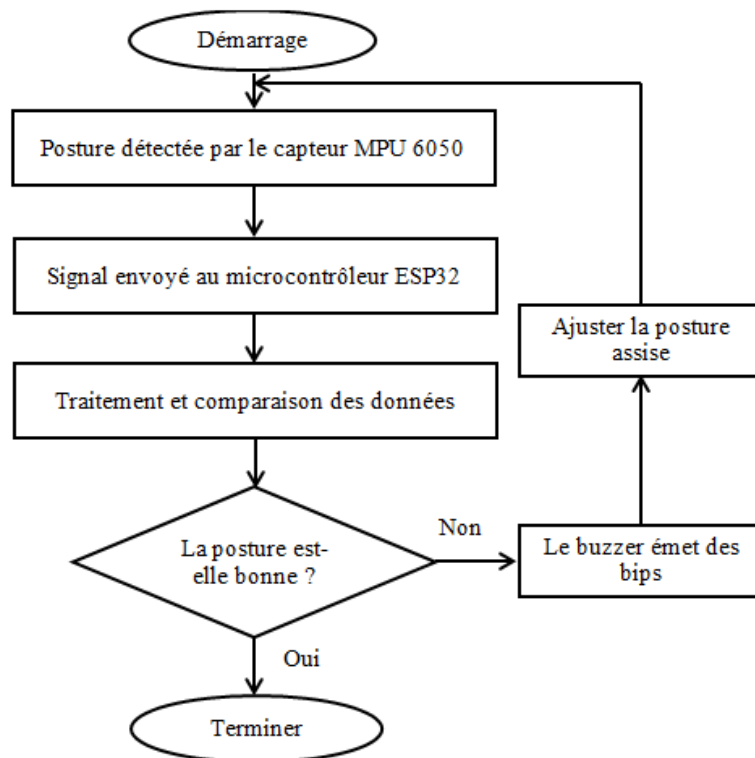


Fig. 9. Organigramme du système de détection de la posture

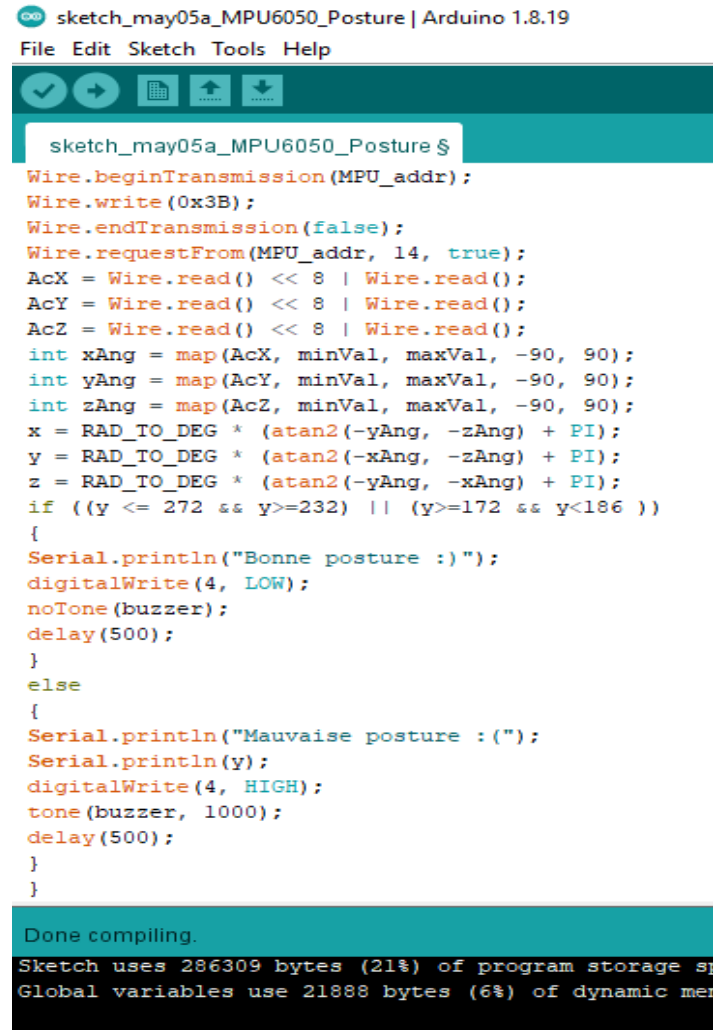
Le principe de fonctionnement de ce système intelligent de détection de posture est tel qu'au démarrage du système, le capteur gyroscopique MPU 6050 détecte les coordonnées de la position vertébrale ou de la posture assise et envoie des informations au microcontrôleur ESP32 qui traite ces informations en fonction du programme codé dans celui-ci. Le microcontrôleur effectue ensuite des comparaisons et détermine les sorties à envoyer. Si la position assise est correcte, il n'y aura pas de signal de sortie audible, tandis que si la position assise est incorrecte, le buzzer émettra un signal sonore pour indiquer que la position assise a besoin d'être ajustée. Lorsque le réglage est effectué, le capteur MPU 6050 détecte les coordonnées vertébrales et envoie à nouveau l'information au microcontrôleur pour traitement. Le processus se poursuit jusqu'à ce que le buzzer cesse d'émettre des bips. L'organigramme de cette opération est illustré à la figure 8.

2.6.2 PROGRAMMATION

L'IDE Arduino C++ a été utilisé pour traduire l'organigramme en code machine compréhensible par le microcontrôleur ESP32. Une capture d'écran du code compilé est présentée à la figure 11 avec des indications de compilation réussie. Ce code sera ensuite chargé dans le microcontrôleur ESP32 pour fonctionner.

2.6.3 SORTIES LOGIQUES DU SYSTÈME

Un système numérique impliquant deux variables d'entrées avec des états binaires {HIGH $\equiv$ H, LOW $\equiv$ L}, conduit à un total théorique de $N = 2^2 = 4$ états différents, c'est-à-dire {0, 1, 2, 3}. Cependant, seul un état sur les deux est porteur d'une posture assise correcte significative à acquérir auprès du porteur du textile. Dans ces conditions, le tableau 4 montre la table de vérité de la décision retenue pour le développement du programme d'application Arduino.



```

sketch_may05a_MPU6050_Posture | Arduino 1.8.19
File Edit Sketch Tools Help

Wire.beginTransmission(MPU_addr);
Wire.write(0x3B);
Wire.endTransmission(false);
Wire.requestFrom(MPU_addr, 14, true);
AcX = Wire.read() << 8 | Wire.read();
AcY = Wire.read() << 8 | Wire.read();
AcZ = Wire.read() << 8 | Wire.read();
int xAng = map(AcX, minVal, maxVal, -90, 90);
int yAng = map(AcY, minVal, maxVal, -90, 90);
int zAng = map(AcZ, minVal, maxVal, -90, 90);
x = RAD_TO_DEG * (atan2(-yAng, -zAng) + PI);
y = RAD_TO_DEG * (atan2(-xAng, -zAng) + PI);
z = RAD_TO_DEG * (atan2(-yAng, -xAng) + PI);
if ((y <= 272 && y>=232) || (y>=172 && y<186 ))
{
  Serial.println("Bonne posture :)");
  digitalWrite(4, LOW);
  noTone(buzzer);
  delay(500);
}
else
{
  Serial.println("Mauvaise posture :(");
  Serial.println(y);
  digitalWrite(4, HIGH);
  tone(buzzer, 1000);
  delay(500);
}
}

Done compiling.
Sketch uses 286309 bytes (21%) of program storage space.
Global variables use 21888 bytes (6%) of dynamic memory.

```

Fig. 10. Compilation du code du programme dans l'IDE C++ d'Arduino

Les deux variables d'entrée du système sont la lecture du capteur MPU 6050 et le bip du buzzer. La sortie est correcte lorsque le buzzer n'émet pas de bip.

Tableau 4. de vérité pour le fonctionnement du système

ENTREES		SORTIES
MPU 6050 (A)	BUZZER (B)	Y = (NOT B)
0	0	-
0	0	-
1	0	1 (Bonne posture)
1	1	0 (Mauvaise posture)

2.7 PROTOTYPAGE DU DISPOSITIF DE DETECTION DE POSTURE

La figure 11 est une vue réelle d'un prototype non alimenté pour l'atelier d'expérimentation du système de correcteur de la posture. Il s'est avéré approprié pour des recherches réalistes en techniques de l'instrumentation des appareils électronique-textile. Il accentue la pratique de l'instrumentation numériques et de systèmes embarqués en ingénierie électronique. Il est important de noter que la Fig. 12, est une illustration technique de quelques images du prototype de notre nouveau dispositif électronique-textile d'ensemble, de détection/correction automatique de posture d'un employé dans un poste de travail.



Fig. 11. Prototype du dispositif électronique textile détecteur de posture

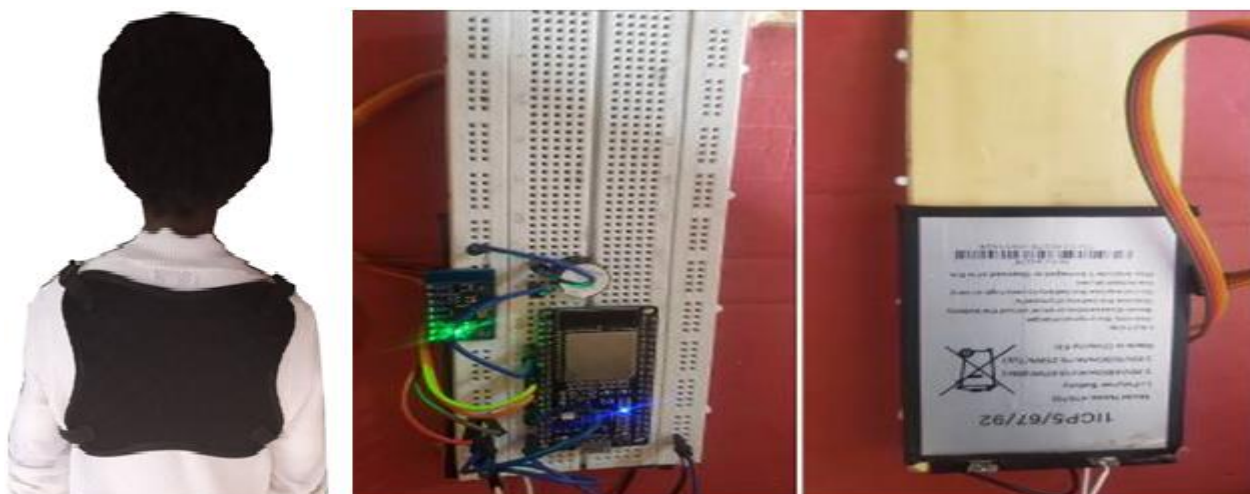


Fig. 12. Images du nouveau dispositif électronique-textile détecteur/correcteur de posture de dos

3 BANC D'ESSAIS DE MISE EN ŒUVRE DU DISPOSITIF

Une image du banc d'essais complet de conception, prototype et essais de notre nouveau dispositif correcteur de posture, est présentée à a Fig. 13. Ce banc d'essais est constitué des sous-ensembles suivants:

- Ordinateur PC/Laptop équipé des outils logiciels décrits dans le tableau 1 de spécification d'outils;
- Maquette électronique-textile du dispositif automatique détection et signalisation d'état de poste
- Du support Textile de montage/fixation due a maquette électronique

Le nouveau dispositif électronique-textile d'ensemble est conçu pour port confortable au dos d'un employé dans un poste de travail effectif.

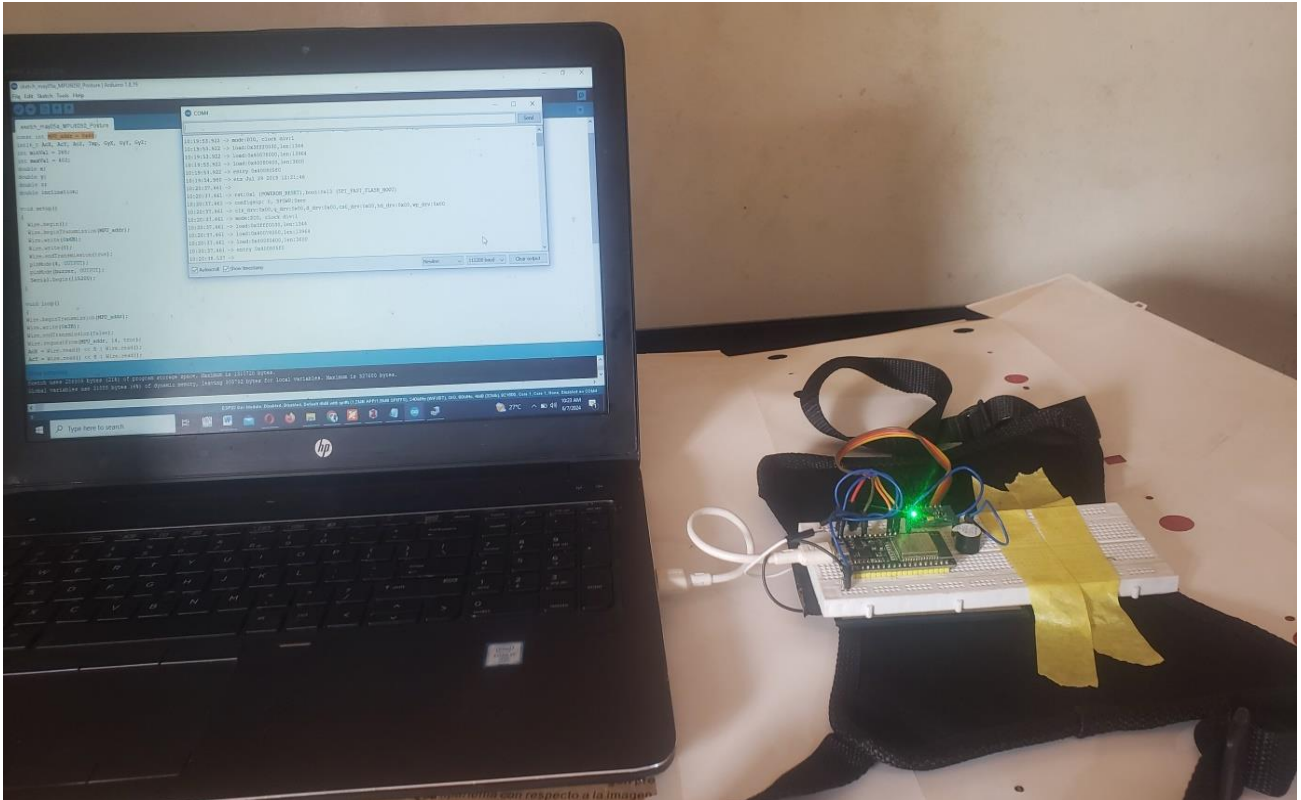


Fig. 13. Banc d'essais du système de détection de posture

4 RESULTATS DE DETECTION DE L'ETAT DE POSTURE

Le capteur *MPU6050* (voir Figs 4 et 5 ainsi que les équations (1) à (5)), émet trois signaux dans les directions x, y et z comme indiqué dans le tracé des figures 14 et 15. Si la valeur du tracé se situe dans la tolérance définie, le buzzer émettra un son pour indiquer une mauvaise posture, sinon aucun son n'est émis signifiant une bonne posture.

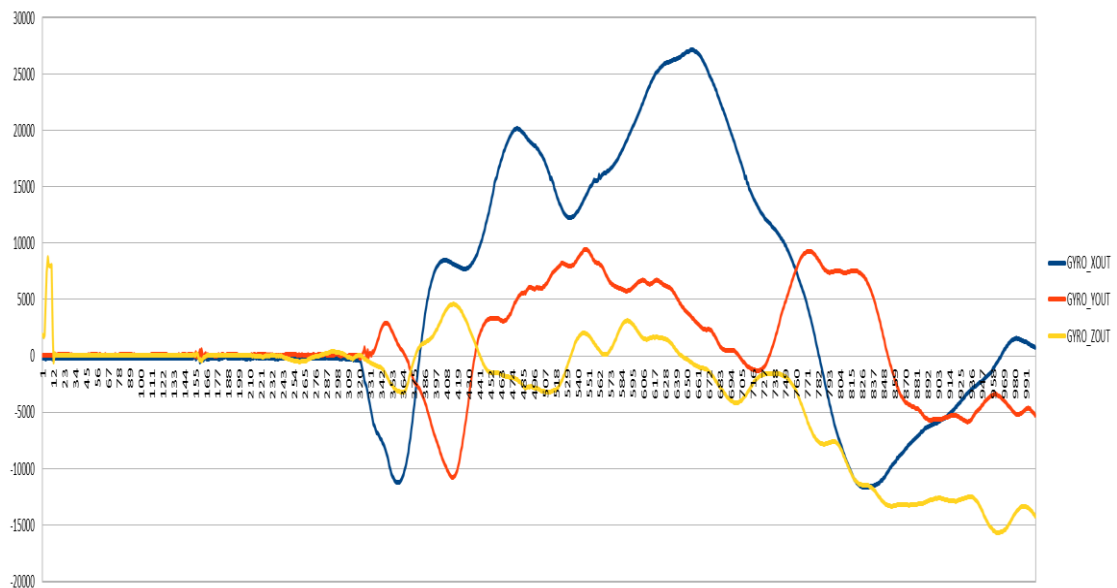


Fig. 14. Signalisation d'une bonne posture

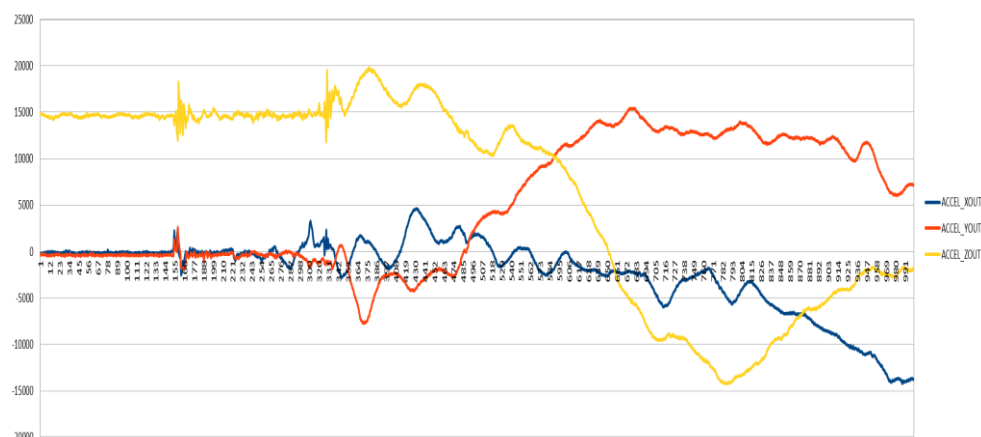


Fig. 15. Signalisation d'une mauvaise posture

4.1 ESSAIS DU DISPOSITIF SUR UN EMPLOYE MANNEQUIN ASSIS

4.1.1 CAS D'UNE BONNE POSTURE

La bonne posture se caractérise par la forme S de la colonne vertébrale. Sur la figure 16 l'employé mannequin étant assis droitement, le correcteur détecte une pression. Ici le buzzer n'émet pas le signal car il y'a pas lieu d'une mauvaise posture.



Fig. 16. Détection d'une bonne posture

4.1.2 CAS D'UNE MAUVAISE POSTURE

Une mauvaise posture est caractérisée par la forme C. Sur la figure 17 lorsque Accel_Xout est supérieur à 0.24 et inférieur à 2.0, Accel_Yout supérieur à 0.00 et inférieur à 2.0, Accel_Zout supérieur à 1 et inférieur à 499.00 le buzzer siffle tant que l'individu n'a pas pris une bonne posture celui-ci continu de siffler. Il y'a beaucoup d'encadrement de valeur à introduire car le prototype est extrêmement sensible.



Fig. 17. Détection d'une mauvaise posture

5 DISCUSSIONS GÉNÉRALES

Le code logiciel est verrouillé sur la transition unidirectionnelle des informations de l'ESP32 vers le buzzer et non l'inverse. Ceci afin d'éviter les interruptions des utilisateurs et également d'obtenir des données précises et exactes sur l'état de la posture du dos. Comme on le voit c sur la figure 14, le sujet humain a une bonne position assise tandis que sur la figure 15, la personne a une mauvaise position assise, ce qui est indiqué par le son du buzzer en temps réel.

Le prototype final est entièrement recouvert d'un matériau textile en coton doux pour former un système intégré sous la forme d'un dispositif textile électronique, comme le montre la figure 17.

6 CONCLUSION

Dans cet article, nous avons présenté un nouveau dispositif numérique intelligent basé sur ESP32, pour l'acquisition d'informations sur la posture assise et la signalisation d'une mauvaise posture par un signal sonore. Le système conçu réagit en détectant le positionnement des coordonnées vertébrales lorsqu'une personne est assise elle envoie un signal sonore précis par l'intermédiaire de l'avertisseur. Le dispositif envoie également des informations via Bluetooth sur un smart phone ou un laptop. Le système de détection de la posture a été conçu pour améliorer la collecte de données non invasives sur la position assise du dos à la convenance de l'utilisateur en lui permettant d'écouter et de ressentir le signal sonore de l'avertisseur en cas de mauvaise posture. Une autre fonction efficace du système est que lorsqu'un utilisateur n'essaie pas d'interagir avec le système, il n'y a pas d'interruption des informations envoyées à l'appareil compagnon. Les essais obtenus en testant le prototype expérimental correcteur de posture sur un employeur mannequin, ont été satisfaisants. Nos recherches futures porteront sur la tenue d'une campagne d'essais de ce premier dans plusieurs environnements professionnels et industriels, en vue de collecter une base de données techniques, qui nous sera utile pour la mise au point d'un prototype commerciale plus fiable et brevetable.

REFERENCES

- [1] K. Srivastava and K. Kaur, «Stability of Impulsive Differential Equation with any Time Delay,» *International Journal of Innovation and Scientific Research*, vol. 2, no. 3, pp. 280–286, 2013.
- [2] O. V. ADEOLUWA, O. S. ABODERIN, and O. D. OMODARA, «An Appraisal of Educational Technology Usage in Secondary Schools in Ondo State (Nigeria),» *International Journal of Innovation and Scientific Research*, vol. 2, no. 3, pp. 265–271, 2013.
- [3] Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, 2nd Ed. Wiley India Pvt. Limited, 2007.
- [4] C. Tichi, *Electronic Hearth: Creating an American Television Culture*, Oxford University Press, 1991.
- [5] A. R. Jennings, *Financial Accounting*, Cengage Learning EMEA, 2001.
- [6] Mettam, G. R., and Adams, L. B., *How to prepare an electronic version of your article*, In: B. S. Jones, and R. Z. Smith (Eds.), *Introduction to the electronic age*, New York: E-Publishing Inc, pp. 281-304, 1994.
- [7] O'Neil, J. M., and Egan, J., Men's and women's gender role journeys: A metaphor for healing, transition, and transformation, In: B. R. Wainrib (Ed.), *Gender issues across the life cycle*, New York, NY: Springer, pp. 107-123, 1992.
- [8] Smith, Joe, *One of Volvo's core values*, 1999. [Online] Available: <http://www.volvo.com/environment/index.htm> (July 7, 1999).

Amélioration de l'efficacité agronomique des engrais minéraux en riziculture irriguée: Cas du périmètre irrigué de Sindou à l'Ouest du Burkina Faso

[Improving mineral fertilizers agronomic efficiency in paddy rice field: Case of Sindou's irrigated perimeter, western's Burkina Faso]

Jacques O. Kissou¹, Poulouma Louis Yameogo², Élie S. G. Sauret³, Idriss Serme⁴, and Kalifa Coulibaly⁵

¹Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la Fertilité du sol, Université Nazi BONI, 01 BP: 1091 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

²Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, Farako-Bâ (INERA, Farako-Bâ), 01 BP: 910, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

³Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, Farako-Bâ (INERA, GRN, Farako-Bâ), 01 BP: 910, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

⁴Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, Kamboisin (INERA, Kamboisin), Burkina Faso

⁵Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la Fertilité du sol, Université Nazi BONI, 01 BP: 1091 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

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

ABSTRACT: This study examined agronomic efficiencies chemical fertilizer NPK (14-23-14) pearled urea (46% N), super granulated urea (USG)) and their splitting period on FKR84 rice variety agronomy parameters in Sindou's irrigated perimeter. The experimental design was a split-plot with three replications using two studied factors. NPK applied as bottom fertilizer and urea as top fertilizer. Each replication was divided into three main plots corresponding to the three doses of NPK (NPK1, NPK2 NPK3). Each one subdivided into four secondary plots represented by (U1, U2, U3, U4). The combined doses of NPK and urea gave twelve treatments where NPK2*U1 is the control. The three doses of NPK, 150 kg.ha⁻¹, 200 kg.ha⁻¹ and 200 kg.ha⁻¹ were applied at transplanting. The U1 and U3 plots received 50 kg.ha⁻¹ of pearled urea 15 days after transplanting (DAT) and 100 kg.ha⁻¹ at panicle initiation as the control received over 200 kg.ha⁻¹ of NPK at transplanting. The U2 and U4, 72 kg.ha⁻¹ of upper granulated urea 10 DAT. At panicle initiation, only the plots U1 and U2 got 100 kg.ha⁻¹ of pearled urea. At heading, the second and fourth secondary plots received 50 kg.ha⁻¹ of pearled urea against 50 kg.ha⁻¹ of NPK applied on the first and third main plots. The results shown that the application of 50 kg.ha⁻¹ of NPK at heading stage over the control dose, allowed to harvest 5484 kg.ha⁻¹ of paddy rice, yield with a recovery rate of 3,45 kg.kg⁻¹ in year 2020 against 4976.6 kg.ha⁻¹.ha⁻¹ like paddy yield, corresponding at recovery rate of 4,71 kg.kg⁻¹ in year 2021. This practice could be a strategy for chemical fertilizer management for rice yield increasing.

KEYWORDS: recovery, chemical fertilizer, splitting period, paddy rice field.

RESUME: L'étude a examiné l'efficacité agronomique de l'engrais NPK (14-23-14), de l'urée perlée (46% N), de l'urée super granulée (USG) ainsi que leur période d'application sur les paramètres agronomiques du riz FKR 84, dans le périmètre irrigué de Sindou. Le dispositif expérimental était de type split plot en trois répétitions avec deux facteurs étudiés dont la gestion de la fumure de fond à base de NPK et la fumure de couverture à base d'urée. Les parcelles principales étaient représentées par

les trois doses de NPK (NPK1, NPK2, NPK3). Chaque parcelle principale subdivisée en quatre parcelles secondaires représentées par les doses d'urée (U1, U2, U3, U4). Douze traitements sont obtenus de la combinaison des doses de NPK et d'urée dont NPK2*U1, le témoin actuellement vulgarisé. Les doses de NPK, 150 kg.ha⁻¹, 200 kg.ha⁻¹ et 200 kg.ha⁻¹ ont été appliquées au repiquage. Les deux premières parcelles élémentaires ont reçu 50 kg.ha⁻¹ d'urée perlée 15 jours après le repiquage (JAR) et 100 kg.ha⁻¹ à l'initiation paniculaire, tout comme le témoin, en plus des 200 kg.ha⁻¹ de NPK reçu. Les deux autres, 72 kg.ha⁻¹ d'urée super granulée 10JAR. A l'épiaison, la parcelle élémentaire U2 et U4 ont reçu 50 kg.ha⁻¹ d'urée perlée contre 50 kg.ha⁻¹ de NPK pour la première et troisième parcelle principale. Les résultats ont montré qu'un supplément de 50 kg.ha⁻¹ de NPK à l'épiaison en plus de la dose vulgarisée est la meilleure combinaison avec un rendement en paddy de 5484 kg.ha⁻¹, un taux de valorisation 3,45 kg.kg⁻¹ en année 2020 contre 4976 kg.ha⁻¹, un taux de valorisation de 4,71 kg.kg⁻¹ en année 2021. L'apport d'un supplément de 50 kg.ha⁻¹ de NPK à l'épiaison à la dose vulgarisée pourrait constituer une stratégie de gestion des fertilisants pour une amélioration des rendements du riz.

MOTS-CLEFS: valorisation, engrais minéral, période d'application, riziculture irriguée.

1 INTRODUCTION

La gestion de la fertilité des sols est un élément déterminant dans la production rizicole. Face à la baisse croissante de la fertilité des sols suite à la faible utilisation de la matière organique, les apports en engrais minéraux sont devenus une alternative pour soutenir la production. C'est ainsi que pour améliorer la productivité des sols en riziculture, diverses doses d'engrais ont été proposées. Au Burkina Faso, les doses actuellement vulgarisées sont de 200 kg.ha⁻¹ de NPK (14-23-14) au repiquage et 150 kg.ha⁻¹ d'urée perlée dont le tiers (1/3) 15 jours après le repiquage et les deux tiers (2/3) à l'initiation paniculaire [1,2]. Malgré, le coût élevé des engrais minéraux, la fertilisation minérale reste le mode de fertilisation dominant dans tous les écosystèmes rizicoles du Burkina Faso. En effet, une bonne alimentation minérale du riz assure une bonne croissance végétative des plantes, un bon remplissage des grains et permet d'obtenir un bon rendement. Cependant, les sols du Burkina Faso sont dans leur ensemble jugés pauvres en azote et en phosphore (Lompo *et al.*, 2009; Soma, 2010)). L'apport en fertilisant contenant ces éléments majeurs contribuerait inéluctablement à rendre disponible ces éléments nutritifs et à améliorer significativement les rendements d'une part; d'autre part, à rehausser le niveau de fertilité chimique des sols. Malheureusement, moins de la moitié de l'azote contenue dans l'urée perlée apporté à la volée est utilisé par le riz (Segda, 2006). Par contre, l'urée super granulée pourrait rester 65 jours dans le sol et progressivement mis à la disposition de la plante. Selon certains auteurs [3,4,5] son application induit beaucoup plus une augmentation des rendements en paddy et en paille comparativement à l'utilisation de l'engrais perlés. Toutefois, les rendements en riz paddy demeurent relativement faibles (3 à 5 T.ha⁻¹) par rapport au potentiel estimé à (8-10 T.ha⁻¹) des variétés améliorées introduites [1,2] en dépit de toutes les dispositions prises pour soutenir la riziculture Burkinabè. Un accroissement des rendements du riz à l'hectare est cependant nécessaire pour réduire les coûts liés à l'importation en riz du pays et pour faire face aux besoins croissants d'une population en croissance exponentielle. L'accroissement de la production du riz va de pair avec l'utilisation des engrais inorganique [6, 7]. A cet effet Roy *et al.* [8], ont prouvé que la production d'une tonne de paddy exige environ 20 kg N, 11 kg P₂O₅, 30 kg K₂O. Sur la consommation totale de la plante de riz, 50% d'azote, 50% de potassium et 65% de phosphore sont pris dès le début de l'initiation paniculaire. [4], Au total, environ 80% d'azote, 60% de potassium et 95% de phosphore sont absorbés pendant la phase reproductive Segda, [1]. Ainsi, le maximum de besoin de la plante se situe à la phase reproductive. Dès lors, l'apport de supplément de NPK et/ou d'urée perlée à l'épiaison est perçu comme une possibilité pour une bonne couverture en éléments minéraux du riz. Au regard des besoins élevés en nutriments du riz durant la période reproductive, ne faut-il pas revoir les recommandations actuelles de fertilisation ? Les études antérieures ne font pas cas de l'amélioration de l'efficacité agronomique des engrais minéraux suite à l'application d'un supplément de NPK et/ou d'urée à la période d'épiaison. Le présent article vise à explorer les voies pour une gestion efficace et une valorisation des doses d'engrais minéraux utilisés afin d'améliorer l'efficacité de l'utilisation l'azote qui limite la production du riz malgré les quantités importantes d'urée apportées.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITE DE L'ÉTUDE

Le périmètre irrigué de Sindou (10°39'31" Nord et 5°9'57" Ouest) est une partie de la large plaine inondable de Niofiladouna dans la partie Est du bassin versant de la Léraba, un sous-bassin versant de la Comoé. Quatre types de sols sont

rencontrés sur le site dont le sol peu évolué d'apport alluvial hydro morphes à texture fine en surface (PAH/F) sur lequel a été conduit notre étude. Le périmètre d'environ 308,8 ha est destiné à la riziculture durant la saison pluvieuse et sèche et exploité par les villages de Sindou, Douna et Niofila. Pendant la saison sèche, il y est principalement pratiqué la riziculture et le maraichage. Une partie est non exploitée due à l'insuffisance de la ressource eau. Les besoins en eau d'irrigation en saison sèche proviennent des prélèvements des sources d'eau présentes sur le site à travers les canaux en terre battue réalisés par les producteurs pour l'irrigation en saison sèche et du drainage des eaux des phénomènes d'inondation en saison pluvieuse.

Le présent article présente les résultats des expérimentations conduites durant les deux campagnes humides 2020 et 2021. La figure 1 présente la pluviométrie de 2020 et 2021, les températures maximale et minimale de la zone de Sindou durant les deux campagnes d'expérimentations

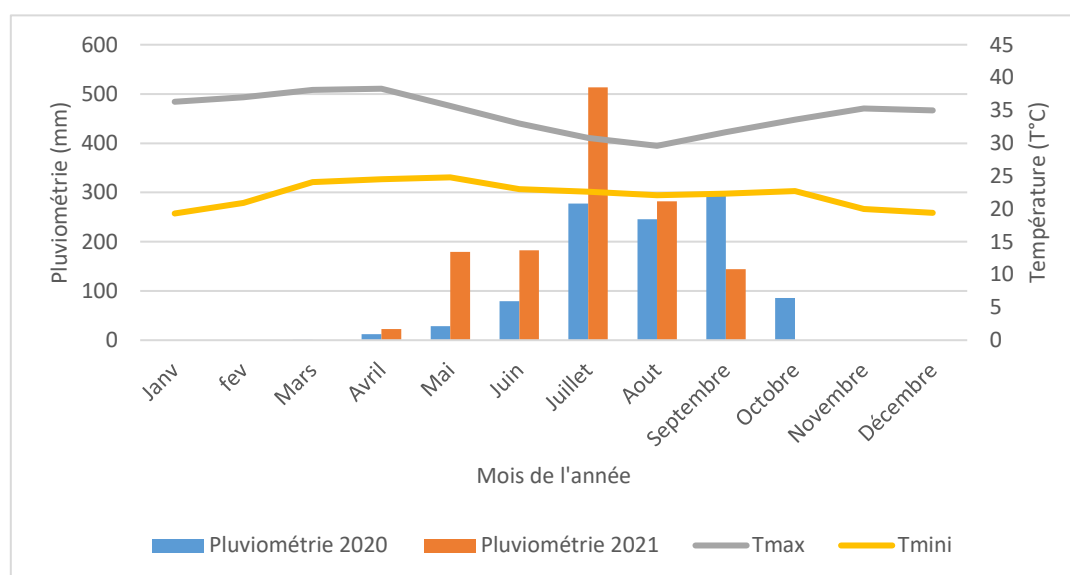


Fig. 1. Variation des pluies moyennes mensuelles des deux (02) dernières années et la température maximale annuelle, 2021 sur le périmètre de Sindou

Tmax = Température maximale; *Tmini* = Température minimale

La pluviométrie de Sindou (figure1) au cours des deux dernières années d'expérimentation montre que les pluies s'installent d'avril à octobre. Elles couvrent bien la période de mise en place de nos essais qui s'étale du 1er juillet au 15 octobre. Les mois les plus pluvieux sont août et septembre et juillet respectivement (375, 250 et 225mm). La température atteint sa moyenne maximale aux mois d'avril et mars où elle est de 38,8°C contre la plus basse, 29,6 °C enregistrée au mois d'août. La pluviométrie moyenne annuelle est de 80 mm

2.2 MATÉRIEL VÉGÉTAL

La variété de riz améliorée FKR84 a été utilisée dans cette étude. Elle a un potentiel de rendement de 7 tonnes/ha et un cycle de 105 jours.

2.3 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

L'expérimentation a été conduite sur deux campagnes pluvieuses successives 2020 et 2021, en utilisant un dispositif en split-plot à trois (03) répétitions complètement randomisées. Chaque répétition a été divisée en trois parcelles principales correspondantes aux trois doses d'engrais NPK dénommées NPK1, NPK2 et NPK3. Chacune d'elle subdivisée en quatre parcelles secondaires représentées par les doses d'urées U1, U2, U3 et U4. Le NPK a été utilisé comme engrais de fond et l'urée, engrais de couverture. La combinaison de ces deux facteurs a donné douze (12) traitements nommés T1 à T12 avec T1: NPK1*U1; T2: NPK1*U2; T3: NPK1*U3; T4: NPK1*U4; T5: NPK2*U1; T6: NPK2*U2; T7: NPK2*U3; T8: NPK2*U4; T9: NPK3*U1; T10: NPK3*U2; T11: NPK3*U3; T12: NPK3*U4.

Chaque parcelle élémentaire d'une superficie de 6 m² (3 m x 2 m), comptait 8 lignes sur la largeur et 12 sur la longueur. Des allées de 1 m ont séparé les parcelles secondaires. La distance entre les parcelles principales a été de 1,5 m et de 2 m entre les répétitions. La superficie de l'ensemble du dispositif a été de 456 m². Le repiquage a été réalisé le 15 août à un brin par poquet aux écartements de 25 cm x 25 cm [9] soit 96 plants par parcelle élémentaire. La parcelle utile constituée de 32 poquets a concerné les 4 lignes centrales épargnées des deux lignes de bordures de chaque parcelle élémentaire. Les doses de NPK1, NPK2 et NPK3 ont été appliquées sitôt après le repiquage. Les parcelles U1, U2 ont reçu de l'urée perlée appliquée à la volée 15 jours après le repiquage tandis que U3 et U4 de l'urée super granulée 10 jours après le repiquage. La parcelle U4 a reçu en plus de l'urée super granulée, 50 kg/ha d'urée perlée à l'épiaison. Le Placement profond de l'urée (PPU) a été réalisé à l'aide du doigt et a consisté à réaliser un trou de 7-10 cm de profondeur, y placer le granule d'urée (1,8 g) dix (10) jours après le repiquage et à le recouvrir. Le riz a été récolté en novembre de la campagne agricole humide 2020 et 2021.

Les doses d'engrais et leur période d'application ont été les suivantes: **NPK1**= 150 kg.ha⁻¹ au repiquage + 50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison; **U1**= 50 kg.ha⁻¹ au 15^e jour après semis + 100 kg.ha⁻¹ à l'initiation paniculaire; **NPK2**= 200 kg.ha⁻¹ au repiquage; **U2**= 50 kg.ha⁻¹ au 15^e jour après semis + 100 kg.ha⁻¹ à l'initiation paniculaire +50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison; **NPK3**= 200 kg.ha⁻¹ au repiquage + 50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison; **U3**= 72 kg.ha⁻¹ d'Urée Super Granulée 10 jours après repiquage **U4** = 72 kg.ha⁻¹ d'Urée Super Granulée au 10^e jour après semis + urée perlée 50kg/ha au repiquage.

2.4 PARAMÈTRES MESURÉS ET CALCULÉS

Les paramètres mesurés ont concerné le nombre de talles à l'initiation paniculaire et à la récolte. Leur évaluation a consisté à compter manuellement aux dites périodes, le nombre de talles soit 32 poquets au total, contenu dans chaque parcelle utile de deux mètre carré (2 m²).

Le rendement paille et paddy ainsi que le taux de valorisation ont été les paramètres calculés.

La récolte a consisté à faucher, jusqu'à raz de sol, les 32 poquets de la parcelle utile. Les grains ont été ensuite séparés de la paille par battage après séchage au soleil. Le rendement en grains de la parcelle utile a été obtenu après séchage et ramené à 14% du taux d'humidité à l'aide d'un facteur de conversion. Ce facteur de conversion a été déterminé par lecture sur un tableau de valeurs conventionnelles, du taux d'humidité correspondant. Le taux d'humidité des grains par parcelle ayant été déterminé à l'aide d'un humidimètre. Le rendement de la paille a été déterminé après son séchage pendant quatorze (14) jours au champ. La biomasse a ensuite été pesée à l'aide d'un peson étalonné et le rendement (kg.ha⁻¹) par parcelle a été obtenu à partir du poids de la biomasse de sa parcelle utile qui a été ramené à l'hectare, connaissant la superficie de ladite parcelle.

Quant au taux de valorisation des engrais appliqués, il a été calculé par application de la méthode de Jérémie *et al* [10]. Ainsi, pour chaque traitement, le gain de rendement en riz paddy (GR) a été calculé par rapport à la différence de rendement en grains entre (RT0) obtenu avec le traitement témoin (dose vulgarisée) et le rendement en grains (RTi) de la dose d'engrais (Di) d'un traitement donné. $GR = RTi - RT0$ (équation 1). Le taux de valorisation de l'engrais (VE) apporté a été calculé en faisant le rapport gain de rendement paddy (GR) par la quantité d'engrais utilisée pour le traitement. Le taux de valorisation de l'engrais (VE) s'exprime en kilogramme de rendement paddy additionnel par unité de kilogramme d'engrais utilisée (Di) (kg.kg⁻¹) $VE = \frac{GR}{Di}$ (équation 2). Le rendement témoin étant celui obtenu avec le traitement témoin (NPK2*U1), correspondant à la dose d'engrais actuellement vulgarisée au Burkina Faso.

L'indice de récolte (IR) qui renseigne sur la répartition des produits de la photosynthèse entre le grain et la paille a été calculé à partir de la formule [11]:

$$IR = \frac{\text{Rendement grain}}{\text{Rendement grain} + \text{rendement paille}}$$

Pour connaître la capacité de la formation de la graine et l'importance du rendement en grains, Yoshida [12] a apporté l'interprétation suivante sur ces coefficients:

- IR ≥ 0,5, rendement grain/rendement paille (G/P) ≥ 1: il y a développement des grains et réduction des matières sèches
- IR ≤ 0,5, et G/P ≤ 1: il y a développement de la partie végétative par rapport à la formation des grains.

2.5 ANALYSES DES DONNÉES

Les données collectées ont fait l'objet d'une analyse de variance (ANOVA) après un test de normalité, à l'aide du logiciel R version 3.0.2. Les moyennes ont été séparées au seuil de 5% par le test de Student Newman-Keuls.

3 RÉSULTATS

3.1 EFFET DES FERTILISATIONS MINÉRALES SUR LE TALLAGE DU RIZ

En 2020, les résultats de l'application des doses croissantes de NPK montrent qu'à l'initiation paniculaire, le nombre de talles a varié entre 69 talles.m⁻² (NPK3) et 89 talles.m⁻² (NPK1). Pour l'urée, le nombre de talles a varié entre 61 talles.m⁻² (U2) et 107 talles.m⁻² (U1), tandis que le nombre de talles fertiles a varié entre 89 talles.m⁻² (U3) et 116 talles.m⁻² (U1). Pour les doses de NPK, l'analyse de variance n'a pas montré de différence significative entre les traitements pour le nombre de talles à l'initiation paniculaire ($P < 0.11$). Or pour l'urée, la différence entre les différentes doses était statistiquement significative pour le nombre de talles ($P < 0.010$) (Tableau1). Les résultats de l'interaction des doses de NPK et d'urée a été statistiquement significative ($P < 0.014$) pour le nombre de talles à l'initiation paniculaire. La meilleure performance (131 talles.m⁻²) a été enregistrée avec le traitement NPK1*U1 (150 kg.ha⁻¹ de NPK au repiquage et 150 kg.ha⁻¹ d'urée perlée dont 100 kg.ha⁻¹ à l'initiation paniculaire plus un supplément de 50 kg.ha⁻¹ de NPK à l'épiaison) et la plus faible (59 talles.m⁻²) a été obtenu avec la combinaison NPK3*U3 (250 kg.ha⁻¹ de NPK plus 72 kg.ha⁻¹ d'urée super granulée dont les 50 kg.ha⁻¹ de NPK appliqués à l'épiaison (tableau 2)).

En 2021, les résultats des doses de NPK, révèlent qu'à l'initiation paniculaire, le nombre de talles a varié entre 88 talles.m⁻² (NPK2) et 92 talles.m⁻² (NPK1). Pour l'urée, le nombre de talles a varié de 82 talles.m⁻² (U1) à 103 talles.m⁻² (U4). Pour le NPK, l'analyse de variance a montré qu'il n'y a pas eu de différence significative pour le nombre de talles à ($P < 0.76$) pour les doses de NPK, par contre, pour les doses d'urée, l'analyse de variance a révélé qu'il ya eu une différence hautement significative ($P < 0.007$) en ce qui concerne le nombre de talles audit stade (tableau 1). Les résultats de l'interaction entre les doses de NPK et d'urée ont montré une différence très hautement significative ($P < 9.702e^{-08}$) entre les traitements pour le nombre de talles à l'initiation paniculaire. La meilleure performance, 121 talles.m⁻² a été enregistrée avec la combinaison de NPK1*U4 (150 kg.ha⁻¹ de NPK au repiquage plus 72 kg.ha⁻¹ d'urée super granulée 10 jours après repiquage plus un supplément de 50 kg.ha⁻¹ de NPK et 50 kg.ha⁻¹ d'urée perlée à l'épiaison), contre la plus faible, 68 talles.m⁻² obtenue avec la combinaison NPK3*U1 (200 kg.ha⁻¹ de NPK au repiquage plus 150 kg.ha⁻¹ d'urée perlée auxquelles dose a été apporté 50 kg.ha⁻¹ de NPK à l'épiaison) (tableau 2).

Par contre à la récolte en 2020, pour les doses de NPK, le nombre de talles fertiles a varié entre 95 talles.m⁻² (NPK3) et 105 talles.m⁻² (NPK1). L'analyse de variance n'a révélé aucune différence significative ($P < 0.12$) pour le nombre de talles fertiles. Pour l'urée, L'analyse de variance a montré une différence très hautement significative ($P < .229e^{-05}$) avec des nombres de talles variant entre 89 talles.m⁻² (pour le traitement U3) et 116 talles.m⁻² (pour le traitement U1). Les résultats de l'analyse de variance de l'interaction entre les doses de NPK et d'urée n'ont révélé aucune différence significative ($P = 0.87$) pour le nombre de talles fertiles (Tableau1).

En 2021, les doses NPK n'ont pas affectés statistiquement le nombre de talles fertiles qui a varié entre 110 talles.m⁻² (NPK2) et 115 talles.m⁻² (NPK3). Les doses croissantes d'urée, ont affectés significativement le nombre de talles fertiles ($P < .0.016$) qui a varié entre 108 talles.m⁻² (U1) et 119 talles.m⁻² (U2). L'interaction entre des doses de NPK et d'urées n'a pas montré de différence significative ($P = 0.07$) pour le nombre de talles fertiles comme indiqué dans le tableau 2.

Les résultats de variation du nombre de talles à l'initiation paniculaire et de talles fertiles (panicules) en fonction des doses (tableau 1).

Tableau 1. Nombre de talles à l'initiation paniculaire et de panicules en fonction des traitements en campagne humide 2020 et 2021

Traitements	An 2020 Talles ini	An 2021 Talles ini		An 2020 T fertiles	An 2021 T fertiles
NPK1	92 ^a ±6,22	89 ^b ±11.60	-	105 ^b ±3,77	111 ^a ±2,61
NPK2	88 ^a ±2,67	94 ^b ±8,55	-	103 ^b ±4,72	115 ^a ±8,16
NPK3	89 ^a ±4,01	69 ^a ±3,26	-	95 ^a ±3.66	110 ^a ±2,42
Pr > F	0,76	0,11	-	0,12	0,36
Significatif	NS	THS		NS	NS
U1	82 ^a ±4,27	107 ^c ±9.32		116 ^c ±3,52	108 ^a ±2,62
U2	92 ^b ±2,38	61 ^a ±3,27		95 ^{ab} ±2,65	119 ^b ±1,32
U3	87 ^a ±3,32	85 ^b ±8,73		89 ^a ±2,96	111 ^a ±1,52
U4	103 ^c ±4,96	82 ^b ±8,21		103 ^b ±2,75	109 ^a ±2,88
Pr > F	<0.007	<0.010		<.229e⁻⁰⁵	<0.016
Significatif	HS	S		THS	S
NPK*Urée					
Pr > F	<9,702e⁻⁰⁸	<0,014		0,87	0.07
Significatif	THS	S		NS	NS

NPK1= 150 kg.ha⁻¹ au repiquage + 50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison; U1= 50 kg.ha⁻¹ au 15e jour après semis + 100 kg.ha⁻¹ à l'initiation paniculaire; NPK2= 200 kg.ha⁻¹ au repiquage; U2= 50 kg.ha⁻¹ au 15e jour après semis + 100 kg.ha⁻¹ à l'initiation paniculaire +50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison; NPK3= 200 kg.ha⁻¹ au repiquage + 50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison; U3= 72 kg.ha⁻¹ d'Urée Super Granulée 10 jours après repiquage U4 = 72 kg.ha⁻¹ d'Urée Super Granulée au 10e jour après semis + urée perlée 50kg/ha au repiquage. An= Année 2020 et An=Année 2021.

T Ini 2020 = talles initiales 2020 et T ini 2021= talles initiales 2021. T fertiles= talles fertiles.

S=significatif, NS=Non Significatif; HS=Hautement Significatif, THS=Très Hautement Significatif

NB: Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Student Newman- Keuls (SNK).

Les résultats de variation du nombre de talles à l'initiation paniculaire et de talles fertiles (panicules) en fonction des interactions des différentes doses traitements des campagne humide 2020 et 2021 sont présentés dans le tableau 2.

Tableau 2. Nombre de talles à l'initiation paniculaire et de panicules en fonction traitements en campagne humide 2020 et 2021

Traitements	An 2020	An 2021	An 2020	An 2021
NPK1*U1	99 ^a ±4,20	131 ^c ±6,92	-	-
NPK1*U2	100 ^{de} ±0,43	56 ^a ±1,87	-	-
NPK1*U3	69 ^a ±1,58	80 ^{ea} ±7,70	-	-
NPK1*U4	121 ^f ±0,144	88 ^{ab} ±16,16	-	-
NPK2*U1	97 ^{ded} ±0,86	122 ^{bc} ±3,26	-	-
NPK2*U2	81 ^b ±0,28	55 ^a ±1,01	-	-
NPK2*U3	89 ^{bcd} ±2,10	117 ^{bc} ±3,46	-	-
NPK2*U4	8 ^b ±3,98	81 ^a ±0,71	-	-
NPK3*U1	68 ^a ±0,14	69 ^a ±2,16	-	-
NPK3*U2	94 ^{cde} ±0,5	73 ^a ±3,60	-	-
NPK3*U3	90 ^{bcd} ±0,57	59 ^a ±4,33	-	-
NPK3*U4	103 ^e ±1,01	77 ^a ±0,28	-	-
Pr > F	<9,702e⁻⁰⁸	<0,014	0,87	0.07
Significatif	THS	S	NS	NS

NPK1= 150 kg.ha⁻¹ au repiquage + 50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison; U1= 50 kg.ha⁻¹ au 15e jour après semis + 100 kg.ha⁻¹ à l'initiation paniculaire; NPK2= 200 kg.ha⁻¹ au repiquage; U2= 50 kg.ha⁻¹ au 15e jour après semis + 100 kg.ha⁻¹ à l'initiation paniculaire +50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison; NPK3= 200 kg.ha⁻¹ au repiquage + 50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison; U3= 72 kg.ha⁻¹ d'Urée Super Granulée 10 jours après repiquage U4 = 72 kg.ha⁻¹ d'Urée Super Granulée au 10e jour après semis + urée perlée 50kg/ha au repiquage. An 2020= Année 2020 et An 2021=Année 2021.

T Ini 2020 = talles initiales 2020 et T ini 2021= talles initiales 2021. T fertiles= talles fertiles.

S=significatif, NS=Non Significatif; HS=Hautement Significatif, THS=Très Hautement Significatif

NB: Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Student Newman- Keuls (SNK).

3.2 EFFET DES TRAITEMENTS SUR LE RENDEMENT PAILLE

En 2020, l'analyse de variance (tableau 3) a révélé qu'il existe une différence hautement significative ($P < 0,006$) entre les interactions des doses de NPK et d'urée en ce qui concerne le rendement paille. La meilleure performance ($2166,6 \text{ kg.ha}^{-1}$) a été enregistrée avec la dose combinée NPK2*U2 (200 kg.ha^{-1} de NPK au repiquage plus 50 kg.ha^{-1} d'urée perlée au 15^e jour après semis et 100 kg.ha^{-1} à l'initiation paniculaire plus 50 kg.ha^{-1} à l'épiaison) contre, la plus faible ($1333,3 \text{ kg.ha}^{-1}$) observée avec la dose combinée de NPK1*U2 (150 kg.ha^{-1} au repiquage + 150 kg.ha^{-1} de d'urée perlée auxquelles doses ont été apportées un supplément de 50 kg.ha^{-1} de NPK et 50 kg.ha^{-1} d'urée perlée à l'épiaison). Le rendement en paille moyen a été de 1600 kg.ha^{-1} .

Par contre en année 2021, l'interaction entre des doses de NPK et d'urée a été très hautement significative ($P < 9,58 \times 10^{-11}$) pour le rendement paille (tableau 3). La meilleure performance (8393 kg.ha^{-1}) a été obtenue avec la combinaison de NPK1*U1 (150 kg.ha^{-1} de NPK au repiquage + 50 kg.ha^{-1} d'urée perlée 15 jours après le repiquage + 100 kg.ha^{-1} à l'initiation paniculaire plus un supplément de 50 kg.ha^{-1} de NPK à l'épiaison). Cependant, le plus faible rendement en paille (4700 kg.ha^{-1}) a été induit par la dose combinée de NPK3*U4 (200 kg.ha^{-1} de NPK au repiquage + 50 kg.ha^{-1} à l'épiaison plus 72 kg.ha^{-1} d'urée super granulée au 10 jour après semis + urée perlée 50 kg.ha^{-1} au repiquage) (tableau 3).

3.3 EFFET DES TRAITEMENTS SUR LES RENDEMENTS EN PADDY

Les résultats de l'analyse de variance (tableau 3) indiquent qu'en 2020, les différentes doses de NPK n'ont pas eu d'effets significatifs ($P < 0,163$) sur le rendement en paddy qui ont varié entre 4164 kg.ha^{-1} (NPK2) et $4666,2 \text{ kg.ha}^{-1}$ (NPK1). Par contre, l'apport des doses croissantes de d'urée a entraîné un effet très hautement significative ($P < 7,94 \times 10^{-05}$) entre les rendements grains qui ont varié de 3688 kg.ha^{-1} (U3) à 4887 kg.ha^{-1} (U1). L'interaction entre les doses croissantes de NPK et d'urée a induit une différence hautement significatives ($P < 0,0039$) entre les traitements concernant le rendement paddy. Le meilleur rendement, 5484 kg.ha^{-1} de paddy a été obtenu avec la dose combinée NPK3*U1 (200 kg.ha^{-1} de NPK au repiquage plus 150 kg.ha^{-1} d'urée perlée à laquelle un supplément de 50 kg.ha^{-1} de NPK a été apporté à l'épiaison) contre le plus faible, $3342,2 \text{ kg.ha}^{-1}$ enregistré avec le traitement NPK3*U3 (200 kg.ha^{-1} de NPK appliqué au repiquage plus 72 kg.ha^{-1} d'urée super granulée appliquée 10 JAR).

En 2021, l'analyse de variance (Tableau 3) a révélé que les différentes formes d'urée ont induit une différence significative ($P < 0,038$) pour le rendement en grain, par contre, pour le même paramètre étudié la différence était très hautement significative ($P < 0,0005$) suite à l'application des différentes doses de NPK. Pour l'urée, les rendements ont varié de 3935 kg.ha^{-1} (U1) à 4638 kg.ha^{-1} (U2). Pour les doses de NPK, les rendements ont varié entre 3802 kg.ha^{-1} (NPK2) et 4632 kg.ha^{-1} (NPK1). Les interactions des doses de NPK et d'urée ont engendré une différence très hautement significative ($P < 2,273 \times 10^{-06}$) (Tableau 4) entre les combinaisons en ce qui concerne le rendement paddy. Ainsi, le meilleur rendement ($4976,6 \text{ kg.ha}^{-1}$) a été obtenu avec la dose combinée NPK1*U1 (150 kg.ha^{-1} de NPK plus 150 kg.ha^{-1} d'urée perlée dont 50 kg.ha^{-1} 15 jours après le repiquage 100 kg.ha^{-1} à l'initiation paniculaire auxquelles a été apporté un supplément de 50 kg.ha^{-1} de NPK à l'épiaison). Par contre les plus faibles ($3327,5$; $3329,2$ et $3501,6$) kg.ha^{-1} ont été enregistrés respectivement avec les traitements NPK2*U1 (témoin), NPK2*U3 (200 kg.ha^{-1} de NPK appliqué au repiquage plus 72 kg.ha^{-1} d'urée super granulée appliquée 10 jours après le repiquage) et NPK3*U1 (200 kg.ha^{-1} de NPK au repiquage plus 150 kg.ha^{-1} d'urée perlée à laquelle un supplément de 50 kg.ha^{-1} de NPK a été apporté à l'épiaison).

Tableau 3. Rendement paille et en grains (kg.ha⁻¹) en fonction des doses

Traitements	An 2020 Grain(kg.ha ⁻¹)	An 2021 Grain(kg.ha ⁻¹)	An 2020 Paille(kg.ha ⁻¹)	An 2021 Paille(kg.ha ⁻¹)	An2020 IR	An 2021 IR
NPK1	4666,2 ^b ±167,94	4632,6 ^c ±77,3	-	-	-	-
NPK2	4164,5 ^a ±121,69	3802,3 ^a ±157,7	-	-	-	-
NPK3	4397,4 ^{ab} ±236,37	4221,3 ^b ±153,5	-	-	-	-
Pr > F	<0,163	<0,0005	0.5	0.35	-	-
Significatif	NS	THS	NS	NS	-	-
U1	4887,6 ^c ±184,92	3935,3 ^a ±234,4	-	-	-	-
U2	4520,7 ^b ±77,93	4638,3 ^c ±53,25	-	-	-	-
U3	3683,8 ^a ±145,01	4049,3 ^{ab} ±168,56	-	-	-	-
U4	4545,3 ^b ±129,29	4252 ^b ±69,92	-	-	-	-
Pr > F	<7.946e-05	0,038	0.3	0.87	-	-
Significatif	THS	S	NS	NS	-	-
NPK*Urée						
Pr > F	<0.0039	<2.273e ⁻⁰⁶ .	<0.006	9,58 ^{e-11}		
Significatif	HS	THS	HS	THS		

NPK1= 150 kg.ha⁻¹ au repiquage + 50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison; U1= 50 kg.ha⁻¹ au 15e jour après semis + 100 kg.ha⁻¹ à l'initiation paniculaire; NPK2= 200 kg.ha⁻¹ au repiquage; U2= 50 kg.ha⁻¹ au 15e jour après semis + 100 kg.ha⁻¹ à l'initiation paniculaire +50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison; NPK3= 200 kg.ha⁻¹ au repiquage + 50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison; U3= 72 kg.ha⁻¹ d'Urée Super Granulée 10 jours après repiquage U4 = 72 kg.ha⁻¹ d'Urée Super Granulée au 10e jour après semis + urée perlée 50kg/ha au repiquage. An2020 = Année 2020 et An 2021 =Année 2021

Quant aux indices de récolte (Tableau 4), l'analyse a montré qu'en 2020, il y a eu un remplissage des grains et une réduction de la production de biomasse (IR≥ 0,60). Par contre en 2021, la production de biomasse était élevée au detriment de la production de grains (IR< 0,40)

Tableau 4. Rendement paille et en grains (kg.ha⁻¹) en fonction des traitements

Traitements	An 2020 Grain(kg.ha ⁻¹)	An 2021 Grain(kg.ha ⁻¹)	An 2020 Paille(kg.ha ⁻¹)	An 2021 Paille(kg.ha ⁻¹)	An2020 IR	An 2021 IR
NPK1*U1	5075 ^{ef} ±275	4976,6 ^e ±246	2058,3 ^{cd} ±175	8393 ^h ±381	0.71	0.37
NPK1*U2	4600,7 ^{cde} ±379	4675,4 ^{cde} ±110	1333,3 ^a ±50	5141,6 ^{ab} ±725	0.78	0.48
NPK1*U3	4129 ^{bc} ±193,7	4427,5 ^{bcd} ±27,5	2038,9 ^{cd} ±569	5825 ^{cde} ±222	0.67	0.43
NPK1*U4	4860,2 ^{de} ±670 ^c	4451,2 ^{bcd} ±161,2	1866,7 ^{cd} ±671	7725.9 ^g ±500	0.72	0.37
NPK2*U1	4103,8 ^{bc} ±667	3327,5 ^a ±247,5	1691,7 ^{abcd} ±142	5900 ^{de} ±150	0.71	0.36
NPK2*U2	4425,9 ^{cd} ±211,2	4455 ^{bcd} ±165	2166,6 ^d ±250	6200 ^{efd} ±72	0.67	0.42
NPK2*U3	3580,1 ^{ab} ±262	3329,2 ^a ±304,2	1622,2 ^{abc} ±227	5078,2 ^{ab} ±32	0.69	0.4
NPK2*U4	4548,2 ^{cde} ±131	4097,5 ^b ±137,5	1958,3 ^{cd} ±58	5275 ^{bc} ±225	0.7	0.44
NPK3*U1	5484 ^f ±223	3501,6 ^a ±228,9	1983,3 ^{cd} ±50	5375 ^{bcd} ±300	0.73	0.39
NPK3*U2	4535,5 ^{cde} ±241	4785 ^{de} ± 110	1826,6 ^{bcd} ±167	5050 ^{qb} ±251	0.71	0.49
NPK3*U3	3342,2 ^a ±234	4391,3 ^{bc} ±121	1666,6 ^{abc} ±165	6548,3 ^f ±50 ^c	0.67	0.4
NPK3*U4	4227,6 ^c ±231	4207,5 ^b ±302,5	1358,3 ^{ab} ±208	4700 ^a ±144,3	0.76	0.47
Pr > F	<0.0039	<2.273e ⁻⁰⁶ .	<0.006	9,58 ^{e-11}		
Significatif	HS	THS	HS	THS		

NPK1= 150 kg.ha⁻¹ au repiquage + 50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison; U1= 50 kg.ha⁻¹ au 15e jour après semis + 100 kg.ha⁻¹ à l'initiation paniculaire; NPK2= 200 kg.ha⁻¹ au repiquage; U2= 50 kg.ha⁻¹ au 15e jour après semis + 100 kg.ha⁻¹ à l'initiation paniculaire +50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison; NPK3= 200 kg.ha⁻¹ au repiquage + 50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison; U3= 72 kg.ha⁻¹ d'Urée Super Granulée 10 jours après repiquage U4 = 72 kg.ha⁻¹ d'Urée Super Granulée au 10e jour après semis + urée perlée 50kg/ha au repiquage. An= Année 2020 et An=Année 2021.

IR =indice de récolte

S=significatif, NS=Non Significatif; HS=Hautement Significatif, THS=Très Hautement Significatif.

NB: Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Student Newman- Keuls (SNK).

3.4 TAUX DE VALORISATION DES ENGRAIS (VE) APPLIQUES

L'évaluation du taux de valorisation des engrais (VE) a concerné onze (11) traitements hormis mis le témoin (200 kg.ha⁻¹ de NPK appliqué au repiquage plus 150 kg.ha⁻¹ d'urée perlée dont 50 kg.ha⁻¹ 15 jours après le repiquage et 100 kg.ha⁻¹ à l'initiation paniculaire).

En année 2020, les taux de valorisation des engrais (VE) ont varié de -2,37 kg.kg⁻¹ à 3,35 kg.kg⁻¹. Le meilleur taux de valorisation VE=3,45 kg/kg a été enregistré avec la combinaison NPK3*U1 (250 kg.ha⁻¹ de NPK plus 150 kg.ha⁻¹ d'urée perlée dont les 50 kg.ha⁻¹ de NPK ont été apportés à l'épiaison) contre le plus faible (VE -2,37 kg.kg⁻¹) obtenu avec le traitement NPK3*U3 (250 kg.ha⁻¹ de NPK plus 72 kg.ha⁻¹ d'urée super granulée dont les 50 kg.ha⁻¹ de NPK ont été apportés à l'épiaison).

En année 2021, ces taux ont varié de -3,9 kg.kg⁻¹ à 4,71 kg.kg⁻¹. Le meilleur taux de valorisation avec (VE= 4,71 kg.kg⁻¹) a été obtenu avec la combinaison NPK1*U1 (150 kg.ha⁻¹ de NPK au repiquage plus 50 kg.ha⁻¹ d'urée perlée 15 jours après repiquage plus 100 kg.ha⁻¹ d'urée perlée à l'initiation paniculaire auxquelles doses 50 kg.ha⁻¹ de NPK a été ajouté à l'épiaison) contre le plus faible taux (VE= -3,9 kg.kg⁻¹) obtenu avec les dose combinées NPK3*U2 (200 kg.ha⁻¹ de NPK plus 150 kg.ha⁻¹ d'urée perlée dont 50 kg.ha⁻¹ appliqués 15 jours après repiquage et 100 kg.ha⁻¹ à l'initiation paniculaire auxquelles doses un supplément de 50 kg.ha⁻¹ et 50 kg.ha⁻¹ d'urée perlée ont été apportées l'épiaison).

Les valeurs des taux de valorisation des engrais (VE) en fonction des interactions des doses de NPK et d'urée sont présentées dans le tableau 5.

Tableau 5. Taux de valorisation des engrais (VE) en année 2020 et 2021

Traitements	Année2020	Année2021	(Kg.ka ⁻¹)	Année2020	Année2021	VE Moyen
	RDT	RDT		VE	VE	
NPK1*U1	5075	4976.6	350.00	2.77	4.71	3.74
NPK1*U2	4600.7	4675.4	400.00	1.24	3.37	2.31
NPK1*U3	4129	4427.5	272.00	0.09	4.04	2.07
NPK1*U4	4860.2	4451.2	322.00	2.35	3.49	2.92
NPK2*U1	4103.8	3327.5	350.00	0.00	-0.50	-0.25
NPK2*U2	4425.9	4455	400.00	0.81	2.38	1.59
NPK2*U3	3580.1	3329.2	272.00	-1.93	-3.90	-2.92
NPK2*U4	4548.2	4097.5	322.00	1.38	-0.91	0.23
NPK3*U1	5484	3501.6	400.00	3.45	0.44	1.94
NPK3*U2	4535.5	4785	450.00	0.96	3.24	2.10
NPK3*U3	3342.2	4391.3	322.00	-2.37	3.30	0.47
NPK3*U4	4227.6	4207.5	372.00	0.33	2.37	1.35

VE (2020) = taux de valorisation de l'engrais en année2020 VE (2021) = taux de valorisation de l'engrais en année 2021. Di = dose d'engrais utilisée dans le traitement.

RDT2020 =rendement en grain en 2020 et RDT2021= rendement en grain en 2021

4 DISCUSSION

4.1 EFFET DES MODES DE FERTILISATION LES PARAMETRES AGRONOMIQUES DU RIZ DE VARIETE FKR84

L'analyse de variance a montré que les interactions entre les doses croissantes de NPK et Urée ont induit une différence très hautement significative sur le nombre de talles à l'initiation paniculaire aussi bien en campagne humide 2020 qu'en 2021. En effet, une augmentation de 7% et 2% du nombre de talles a été observée par rapport au traitement témoin, respectivement en 2020 et 2021. En 2020, la meilleure performance, (131 talles.m⁻²) a été obtenu avec l'application de la dose combinée de 150 kg.ha⁻¹ de NPK au repiquage et 150 kg.ha⁻¹ d'urée perlée dont 100 kg.ha⁻¹ à l'initiation paniculaire plus un supplément de 50 kg.ha⁻¹ de NPK à l'épiaison. Cette performance en nombre de talles audit stade végétatif pourrait être due à l'azote émanant aussi bien de l'urée contenue dans le NPK appliqué au repiquage que de l'urée perlée apporté 15 jours après semis et à l'initiation paniculaire. Il est bien connu que l'azote (N) est un élément essentiel à la croissance (source) et au bon développement de la plupart des plantes supérieures. En effet, il constitue l'élément majeur le plus limitatif pour la croissance de ces plantes. Ainsi, la dose d'azote reçu par ce traitement a été de 97 kg N ha⁻¹ tout comme celle du témoin (97 kg N ha⁻¹), et aurait favorisé le tallage et la formation de talles fertiles. Les quantités d'azote apportées aux ultimes phases de croissance que

sont le tallage et l'initiation paniculaire, seraient à l'origine de ce développement agro-morphologique car c'est pendant ces phases que les plantes emmagasinent plus de la moitié de leur besoin en éléments nutritifs majeurs [13]. Autrement, le déficit de ces éléments aux périodes sus-indiquées engendrerait des pertes de performances pouvant influencer le reste de leur cycle de développement. Cette dose combinée, bien qu'elle ne présente pas, sur le plan statistique, un nombre de talles fertiles significativement différent des autres combinaisons, elle comporte au delà du facteur secondaire qui est la dose d'urée perlée de 150 kg.ha⁻¹ appliquée en deux fractions dont le 1/3 au 15^e jours après le repiquage et les 2/3 à l'initiation paniculaire, du NPK appliqué à l'épiaison qui aurait induit un effet très hautement significatif sur le nombre de talles fertiles ou panicules (116 talles fertiles.m⁻²) à la récolte. Ce qui pourrait expliquer la différence de talles fertiles avec le témoin qui n'a pas reçu u NPK à l'épiaison, contrairement au plus faible nombre de talles, enregistré avec les doses de combinées de 200 kg.ha⁻¹ de NPK appliqué au repiquage plus 72 kg.ha⁻¹ d'urée super granulée auxquelles doses 50 kg.ha⁻¹ de NPK a été apporté à l'épiaison. En plus du fait que cette dose combinée n'a pas induit de différence significative avec les autres traitements pour le nombre de talles fertiles (panicules), ses facteurs principaux (NPK et urée) ont également présenté les plus faibles valeurs en nombre de talles fertiles, respectivement -10 talles fertiles.m⁻² et -27 talles fertiles.m⁻² par rapport au nombre de panicules le plus élevé produit par le facteur primaire (200 kg.ha⁻¹ de NPK) et engrais de couverture (150 kg.ha⁻¹ d'urée perlée). L'azote contenu dans le NPK ainsi que celui de l'urée super granulée n'a pas favorisé le développement de talles fertiles. Nos résultats sont en contradiction avec ceux de Yaméogo *et al* [14] qui ont montré le rôle de l'USG dans le tallage du riz.

Contrairement en année 2020, le meilleur tallage, 121 talles.m⁻² en 2021, a été obtenu avec un traitement qui a reçu en plus de 150 kg.ha⁻¹ de NPK au repiquage, 72 kg.ha⁻¹ d'urée super granulée plus un supplément de 50 kg.ha⁻¹ de NPK et 50 kg.ha⁻¹ d'urée perlée apportée à l'épiaison, soit une teneur en azote de 84,12 kg N.ha⁻¹. L'azote, reconnu comme le fertilisant déterminant dans la formation des composantes de rendement, aurait favorisé la croissance et le développement des plantes du riz dont le nombre de talles fertiles. Cette performance serait surtout due à l'azote émanant de l'urée super granulée appliquée dix (10) jours après le repiquage. En effet, les granules d'urée enfouis à environ dix centimètre (10 cm) dans le sol, se désintègrent lentement et l'azote progressivement mise à la disposition de la plante est à mesure de couvrir ses besoins azotés de la phase tallage à l'initiation paniculaire. Nos résultats corroborent ceux des auteurs [4], [15] et [16] qui ont montré que l'USG peut rester dans le sol pendant 65 jours. Par contre, l'urée perlée, dont le processus d'ammonification et de nitrification ne dure que quelques jours, est perdue par volatilisation, dénitrification ou lixiviation et/ou lessivage [17,18]. Nos résultats, comme ceux de Gueye *et al* [5] montrent que l'application de N est nécessaire pour augmenter la production du riz de chaque saison. A cet effet, les travaux de Sanogo *et al*. [19] ont prouvé le rôle de l'azote dans l'amélioration des paramètres de croissance du riz et la relation existante entre le tallage, le nombre de talles fertiles (panicules) et le niveau d'azote dans le sol. Le supplément de NPK à la phase épiaison, observé en 2020, constitue à la fois un complément et un renfort en ces trois éléments nutritifs majeurs, permettant à la plante de riz de variété FKR84 de disposer, en plus de l'azote, du phosphore et du potassium indispensable pour la formation de talles fertiles et pour le remplissage des grains. Ce qui expliquerait le rendement en grain de 5484 kg.ha⁻¹ obtenu. A cet effet les travaux de Gueye *et al*. [5] ont montré que les meilleurs rendements sont obtenus lorsque l'azote (N) est combiné aux phosphore et du potassium. Le rendement de 4976 kg.ha⁻¹ de paddy enregistré au cours de la saison humide 2021, a été le résultat d'un traitement qui a consisté à apporter un supplément de 50 kg.ha⁻¹ de NPK à l'épiaison, en plus de 150 kg.ha⁻¹ de NPK reçu au repiquage et de 150 kg.ha⁻¹ d'urée perlée dont 50 kg.ha⁻¹ apporté 15 jours après le repiquage et 100 kg.ha⁻¹ à l'initiation paniculaire. Autrement, cette combinaison n'est autre que le traitement témoin dont la dose de 200 kg.ha⁻¹ d'engrais NPK a été fractionnée en deux dont les 2/3 sont apportés au repiquage et le 1/3 à l'épiaison. Tout comme en campagne humide 2020, ce supplément d'engrais ternaire aurait favorisé l'accroissement des talles fertiles et du remplissage des grains paddy. L'application du supplément d'engrais NPK à l'épiaison apparaît comme une stratégie de gestion des engrais minéraux, pour soutenir le besoin en fertilisants de la plante de riz à cette période, afin de parachever la maturation et par conséquent augmenter le rendement paddy. Nos résultats, comme de ceux de Haefele [20], prouvent que sans apport de phosphore et de potassium, l'efficacité de l'utilisation de l'azote baisse, pourtant avec un épandage de tous les éléments nutritifs, l'efficacité de l'utilisation du phosphore et du potassium augmente progressivement, preuve de l'interaction entre ces éléments nutritifs. Cela est d'autant plausible au regard du sol du site qui est du type peu évolué avec une texture fine, limono-argileux dans les premiers centimètres [21]. Ce type de sol a une faible aptitude, voire limitée, de fixation des éléments minéraux et dans ce cas, les fertilisants minéraux sont vite perdus. Le fractionnement des engrais, surtout un apport de NPK à la phase épiaison apparaît comme un moyen de mettre les fertilisants à la disposition de la plante à une importante phase de son développement et aussi une solution à la difficulté de fixation des éléments que connaît ce type de sol. Nos résultats sont similaires à ceux des auteurs [21, 22] qui ont prouvé que la demande des trois éléments majeurs est encore plus élevée durant la phase reproductive. En outre, ces éléments majeurs jouent un rôle déterminant dans le remplissage des graines et la formation du rendement paddy. Des travaux de Dobermann *et al*. [23] et Segda *et al*. [22] ont également prouvé leur rentabilité dans la production du riz. Comparé au rendement en grains obtenu en campagne humide 2021, celui de 2020 a connu une augmentation de 10% de paddy. Cette performance serait due à la gestion

de la nutrition minérale tout au long du cycle de la plante. En effet, ce traitement a bénéficié à l'épiaison d'un supplément de 50 kg.ha⁻¹ de NPK en plus de la dose vulgarisée (200 kg.ha⁻¹ de NPK recommandée comme engrais de fond, 150 kg.ha⁻¹ d'urée perlée comme engrais de couverture) contre 2/3 de la dose d'engrais de fond apporté en année 2021. Ce supplément de NPK apporté à l'épiaison constitue un complément de fertilisants, en plus de la base de nutriments majeurs recommandés dans la vulgarisation actuelle et il répondrait au besoin progressif en éléments minéraux dont éprouve la plante, surtout à la phase de maturation. La dose de NPK reçu sous forme d'engrais de couverture à l'épiaison aurait augmenté la teneur en azote, un important facteur pour l'absorption du phosphore et/ou du potassium, fertilisant (s) qui, activement participent à la formation des protéines, des acides aminés nécessaires au remplissage des grains. De ce fait, cette dose de NPK apporté à l'épiaison permet d'accroître substantiellement le rendement paddy à hauteur de 507 kg.ha⁻¹ s'il vient en supplément à un traitement ayant reçu la dose d'engrais recommandée. Nos résultats corroborent ceux de Imrani *et al* [26] qui montrent que l'azote donne de bon rendement s'il est combiné avec le potassium et/ou le phosphore. Pour cet auteur, le potassium accroît la réponse de la plante au phosphore et favorise une très bonne résistance aux maladies, à la verse et l'azote combinée au potassium permet d'augmenter les rendements de 12%. Toutefois, l'apport de supplément de NPK permet l'interaction de ces trois fertilisants, indispensable pour donner un meilleur rendement.

Par contre la faible performance en riz paddy observée en année 2020, a été le résultat de la combinaison de 250 kg.ha⁻¹ de NPK plus 72 kg.ha⁻¹ qui diffère du plus performant rendement de la même année, par sa dose d'urée super granulée (sans apport d'urée perlée à l'initiation paniculaire). En terme de fertilisants minéraux et surtout azotés, le meilleur traitement a compté 120 kg N.ha⁻¹, 46 kg P. ha⁻¹, 48 kg K ha⁻¹, contre 61,12 kg N.ha⁻¹, 46 kg P. ha⁻¹, 48 kg K ha⁻¹ pour le plus faible. Bien que ces traitements aient reçu les mêmes doses de phosphore (46 kg. ha⁻¹) et de potassium (48 kg.ha⁻¹), le plus performant a bénéficié du double (120 kg.ha⁻¹) de l'azote du plus faible (61,12 kg.ha⁻¹). Aussi, son phosphore et potassium ont été répartis dans le temps (au repiquage et à l'épiaison) contre l'application en une seule dose pour le plus faible rendement. Apporté en une seule dose, les pertes d'engrais (sous diverses formes), surtout azotées ne peuvent être compensées. Pourtant il est unanimement reconnu le rôle déterminant que joue l'azote dans la production du riz. En outre, l'azote absorbé après l'épiaison contribue à une photosynthèse active pour la production de grains [24]. Ce qui pourrait expliquer la différence de rendement entre ces deux traitements en année 2020. Des résultats similaires ont été obtenus par Gustave [25], Segda *et al.* [1] qui ont prouvé que les écarts de rendements sont surtout liés à une mauvaise couverture des besoins des plantes du riz en éléments minéraux, particulièrement l'azote, le phosphore, et le potassium.

Les faibles rendements paddy enregistré en 2021 ont été avec les trois traitements à savoir le témoin, la combinaison de 200 kg.ha⁻¹ plus 72 kg.ha⁻¹ et le traitement témoin auquel un supplément de 50 kg.ha⁻¹ a été apporté à l'épiaison. Si les deux premières n'ont pas bénéficié d'un supplément de NPK à l'épiaison, la dernière combinaison en a reçu. Ces écarts seraient imputables d'une part au type de sol (PEAH/F) du site qui ne favorise pas l'absorption des nutriments et conduit donc à une mauvaise gestion ou perte des engrais. C'est ainsi que des doses plus importantes que le témoin ont produit de faibles rendements. D'autre part, l'eau d'irrigation du périmètre émane des émergences souterraines et la remontée capillaire est alors intensifiée en saison pluvieuse car la recharge de la nappe devient importante. A ce phénomène s'ajoute l'eau des fortes pluies que connaît la localité. Ainsi, certaines parcelles sont constamment gorgées d'eau en saison pluvieuse en dépit les efforts de drainage. Cet excès d'eau pourrait entraîner la perte des doses d'engrais par lessivage et/ou ruissellement et conduire à des pertes de rendements de ces parcelles. Nos résultats comme ceux de Imrani *et al* [26] montrent que les écarts de rendement dans nos sites rizicoles seraient liés à une mauvaise gestion des besoins des plantes en ces trois fertilisants majeurs. Un constat en contradiction avec les résultats obtenu avec la dose combinée de 150 kg.ha⁻¹ de NPK et 72 kg.ha⁻¹ d'urée super granulée plus un supplément de 50 kg.ha⁻¹ de NPK à l'épiaison ainsi que celle de la combinaison de 150 kg.ha⁻¹ de NPK et 72 kg.ha⁻¹ d'urée super granulée plus un supplément de 50 kg.ha⁻¹ de NPK auquel a été ajouté 50 kg.ha⁻¹ d'urée perlée à l'épiaison, qui ont reçu les plus faibles doses d'urée respectivement 28 kg.ha⁻¹ et 78 kg.ha⁻¹ de moins que le traitement témoin) mais qui ont un taux de valorisation moyen (VE= 2 kg.kg⁻¹) de plus de paddy que le traitement vulgarisé. Ces traitements en plus de la dose de 50 kg.ha⁻¹ de NPK à l'épiaison, ont tous reçu de l'urée super granulée. Ainsi est mis en exergue, l'efficacité agronomique qu'engendre les engrais minéraux lorsque tous les trois éléments majeurs y sont apportés à l'épiaison. En outre, une valorisation des engrais qui trouverait son explication dans la bonne gestion de l'azote contenu dans l'urée super granulée [14] et de l'interaction de l'azote, du potassium et phosphore émanant de la fraction de 50 kg.ha⁻¹ de NPK appliquée à l'épiaison.

Pour le rendement en paille, en 2020, la meilleure performance, 2166,6 kg.ha⁻¹ a été obtenu avec la combinaison de 200 kg.ha⁻¹ de NPK plus 150 kg.ha⁻¹ d'urée auxquelles doses a été ajouté 50 kg.ha⁻¹ d'urée perlée à l'épiaison. Par contre le plus faible rendement, 1358,3 kg.ha⁻¹, a été obtenu avec la dose combinée de 150 kg.ha⁻¹ de NPK plus 150 kg.ha⁻¹ d'urée perlée plus un supplément de 50 kg.ha⁻¹ de NPK et 50 kg.ha⁻¹ d'urée perlée apporté à l'épiaison. L'apport d'un supplément d'urée perlée à l'épiaison aurait favorisé la libération d'azote et induire le développement de la biomasse au détriment du rendement grain au regard de son indice de récolte (IR >0,67). En effet, l'azote augmente les besoins de la plante en potassium (K) et par conséquent, la teneur en cet élément dans le végétal [27]. Pour le même paramètre, le meilleur rendement en 2021 a été de

8393 kg.ha⁻¹ obtenu avec la dose combinée de 200 kg.ha⁻¹ de NPK reçu au repiquage, 150 kg.ha⁻¹ d'urée perlée dont 50 kg.ha⁻¹ de NPK appliqué au repiquage. Ce traitement qui a mobilisé 120 kg N. ha⁻¹, 46 kg P.ha⁻¹ et 28 kg K.ha⁻¹ d'unités fertilisants contre le plus faible rendement paille 4700 kg.ha⁻¹, produit par la combinaison de 200 kg.ha⁻¹ de NPK plus 72 kg.ha⁻¹ d'urée super granulée plus un supplément de 50 kg.ha⁻¹ de NPK et 50 kg.ha⁻¹ d'urée perlée à l'épiaison. Ce dernier, malgré la teneur élevée en azote de (91,12 kg N.ha⁻¹) a produit un faible rendement aussi bien en paille qu'en grain (IR=0,47). Ce résultat serait dû à une mauvaise gestion des fertilisants liée à l'application des engrais et/ ou au lessivage, aux prélèvements dus aux mauvaises herbes qui ont subsistées etc. Nos résultats sont similaires à ceux de FAO [28] qui ont montré qu'il arrive aussi qu'une partie des éléments nutritifs appliqués reste inaccessible aux racines des plantes par suite de fixation et de lessivage ou autres pertes.

4.2 EVALUATION DU TAUX DE VALORISATION DES ENGRAIS

L'efficacité des interactions des doses d'engrais sur la variété de riz FKR84 a été appréciée à travers la détermination de leur taux de valorisation (VE). Cette efficacité d'utilisation des engrais a connu une variabilité en fonction des traitements et des années. En effet, en 2020, l'utilisation d'une unité de kilogramme d'engrais a permis de produire 3,5 kg.kg⁻¹ de plus de riz paddy que la quantité d'engrais utilisée et 4,7 kg.kg⁻¹ de plus de riz paddy en 2021. Ces meilleures performances ont été obtenues avec respectivement la combinaison de 250 kg.ha⁻¹ de NPK plus 150 kg.ha⁻¹ d'urée perlée dont les 50 kg.ha⁻¹ ont été apportés à l'épiaison et la dose combinée de 150 kg.ha⁻¹ de NPK plus 150 kg.ha⁻¹ d'urée perlée plus un supplément de 50 kg.ha⁻¹ de NPK appliqués à l'épiaison qui ont enregistré les meilleurs rendements en grains en 2020 et 2021. Nos résultats sont en partie en contraction avec ceux de Gueye *et al* [5] qui ont trouvé que les meilleures valeurs, de valorisation des engrais se situent entre 10 kg.kg⁻¹. Néanmoins, les taux positifs traduisent une bonne efficacité d'utilisation des engrais à travers ces interactions. Cependant, les contre-performances en terme de taux de valorisation des engrais en 2020 (VE= -2,37) kg.kg⁻¹ et en 2021 (VE=-3,90) kg.kg⁻¹ sont obtenues avec les traitements ayant engendrés les plus faibles rendements grains. Autrement ces taux traduisent une perte en rendement paddy par rapport à l'engrais minéral utilisé pour leur production.

5 CONCLUSIONS

Cette étude a permis de montrer que la combinaison de 250 kg/ha de NPK plus 150 kg.ha⁻¹ d'urée perlée dont les 50 kg.ha⁻¹ de NPK ont été apportés à l'épiaison ainsi que la dose combinée de 150 kg.ha⁻¹ de NPK plus 150 kg.ha⁻¹ d'urée perlée plus un supplément de 50 kg.ha⁻¹ de NPK apportés à l'épiaison ont été les meilleurs traitements respectivement en année 2020 et en 2021 de par leurs performances agronomiques (production de talles, de talles fertiles rendement paddy et paille) comparativement aux autres traitements. La première combinaison a induit un rendement en grain de 5484 kg.ha⁻¹ en année 2020 contre 4976,6 kg.ha⁻¹ pour la deuxième avec également les meilleurs taux de valorisation des engrais. Il ressort que la dose actuellement vulgarisée à laquelle un supplément de 50 kg.ha⁻¹ de NPK a été apporté à l'épiaison, c'est-à-dire un fractionnement de 200 kg.ha⁻¹ de NPK en deux dont les 2/3 apportés au repiquage et le 1/3 à l'épiaison, a enregistré le meilleur rendement paddy avec un surplus de paddy de 508 kg.ha⁻¹ que le témoin. Il est à noter de notre étude que si l'apport d'un supplément d'engrais NPK à l'épiaison permet d'améliorer le rendement en grain, l'efficacité de ce supplément est d'autant plus plausible que la plante a reçu une bonne base de nutrition minérale et l'utilisation de 200 kg.ha⁻¹kg.ha⁻¹ de NPK dont les 2/3 comme engrais de fond paraît judicieuse. L'apport d'un supplément d'urée perlée uniquement à l'épiaison, augmente la teneur en azote du milieu mais favorise le développement de la biomasse au détriment du rendement en grain. Ces résultats pourront servir de stratégie pour une gestion efficace des engrais minéraux sur les périmètres rizicoles et contribuer à augmenter significativement les rendements paddy et des revenus des producteurs. La conduite d'une étude de performances économiques et financières sur le rapport coût lié à ce supplément de 50kg.ha⁻¹ de NPK et son rendement produit reste nécessaire pour finaliser cette proposition.

REMERCIEMENT

Ce travail a pu être réalisé grâce à l'appui financier du projet WAGRINOVA, l'appui technique de l'INERA, de l'UPB, partenaires auxquels nous exprimons toute notre reconnaissance.

CONFLIT D'INTÉRÊT

L'auteur déclare qu'il n'y a aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

- [1] Segda, Z. (2006). Gestion de la fertilité du sol pour une production améliorée et durable du riz (*Oryza sativa* L.) au Burkina Faso. Cas de la plaine irriguée de Bagré (*Doctoral dissertation, Thèse de Doctorat*, Université de Ouagadougou, Burkina Faso).
- [2] Siri, A. (2012). Détermination de la capacité nutritive des sols en riziculture irriguée dans les périmètres de la vallée du Sourou: approche par les essais soustractifs, et utilisation du modèle QUEFTS-WS pour la formulation des options de fertilisations, mémoire ingénieur agronome UPB, 56p. Mémoire d'Ingéniorat, Insitut du Développement Rural, Université Polytechnique de BoboDioulasso, Burkina Faso.
- [3] Segda, Z., Yaméogo, L.P., Gnankambary, Z., Papaoba, S.M. (2013). Effets induits du type de fumure sur les paramètres chimiques du sol et sur le rendement paddy dans la plaine rizicole de Bagré au Burkina Faso. *J Soc Ouest-Afr Chim* 36, 35–46.
- [4] Saidou A., Gnakpenou.K.D., Balogoun I., Hounahin S.R., Kindomihou M.V. (2014). «Effet de l'urée et du NPK 15-15-15 perlés et super granulés sur la productivité des variétés de riz IR841 et NERICA-L14 en zone de bas-fond au Sud-Bénin.» *Journal of Applied Biosciences* 77 (July): 6575–89p. <https://doi.org/10.4314/jab.v77i1.13>.
- [5] Gueye, H., Sall, A. T., Kéita, B. G., N'Diaye, S., Dieng, H., & Gueye, T. (2019). Effet de la fertilisation minérale sur la culture du riz (*Oryza sativa* L.) et du blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans la vallée du fleuve Sénégal. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 41 (1), 6840-6846. <https://doi.org/10.35759/JAnmPISci.v41-1.10>.
- [6] Baligar, V. C., Fageria, N. K., & He, Z. L. (2001). Nutrient use efficiency in plants. *Environmental Science. Commity in Soil and Science And Plant Analysis*. 10010498 14P.DOI 10.1081/CSS-.
- [7] De Vries, M. E., Rodenburg, J., Bado, B. V., Sow, A., Leffelaar, P. A., & Giller, K. E. (2010). Rice production with less irrigation water is possible in a Sahelian environment. *Field Crops Research*, 116 (1-2), 154-164. www.elsevier.com/locate/fcr.
- [8] Roy R., Finck N A., Blair G. J., Tandon H.L.S. (2006). «Plant nutrition for food security.» A Guide for Integrated Nutrient Management. *FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin* 16: 368p. <https://www.researchgate.net/publication/287003597>.
- [9] Majumder, S.H., Gogoi, P.B., Deka, N. (2019). System of rice intensification (SRI): An innovative and remunerative method of rice cultivation in Tripura, India. *Indian J. Agric. Res.* 53, 504–507.
- [10] Jérémie, G. B. T., Camara, M., Yao-KOUAME, A., & KELI, Z. J. (2011). Rentabilité des engrais minéraux en riziculture pluviale de plateau: Cas de la zone de Gagnoa dans le centre ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 463153-3162.
- [11] Bouzerzour, H., Djekoune, A., & Benmahammed, A. (1996). Analyse du déterminisme génétique de la biomasse et de l'indice de récolte dans un croisement diallèle en orge (*Hordeum vulgare* L.). *Agronomiques Annales Agronomiques de l'I.N.A.*, Vol. 17, Iv 7 & 2, 1996.
- [12] Yoshida S., (1981). *Fundamentals of rice crop science*. IRRI, Los Baños, Philippines. 269 p.
- [13] Roy R., Singh S.K, Singh. A., 2013. «Integrated nutrient management in rice (*Oryza Sativa*).» *Indian. Journal of Agronomy* 58 (2): 203__207p.
- [14] Yameogo, P. L., Segde, Z., Dakouo, D., & Sedogo, M. P. (2013). Placement profond de l'urée (PPU) et amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'azote en riziculture irriguée dans le périmètre rizicole de Karfiguela au Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*, 70, 5523-5530.
- [15] Gaihre, Y.K., Singh, U., Islam, S.M.M., Huda, A., Islam, M. R., Satter, M.A., Sanabria, J., Islam, Md. R., Shah, A.L. (2015). Impacts of urea deep placement on nitrous oxide and nitric oxide emissions from rice fields in Bangladesh. *Geoderma* 259–260, 370–379. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.06.001>.
- [16] Mazid Miah, Md.A., Gaihre, Y.K., Hunter, G., Singh, U., Hossain, S.A. (2016). Fertilizer Deep Placement Increases Rice Production: Evidence from Farmers' Fields in Southern Bangladesh. *Agron. J.* 108, 805–812. <https://doi.org/10.2134/agronj2015.0170>.
- [17] Koné, B., Diatta, S., Saïdou, A., Akintayo, I., & Cissé, B. (2009). Réponses des variétés interspécifiques du riz de plateau aux applications de phosphate en zone de forêt au Nigeria. *Canadian. Journal of Soil Science*, 89 (5), 555-565.
- [18] Segda, Z., Yameogo, L. P., Sie, M., Bado, V. B., & Mando, A. (2014). Nitrogen use efficiency by selected NERICA varieties in Burkina Faso. *African Journal of Agricultural Research*, 8, 1-8. DOI: 10.5897/AJAR20.
- [19] Sanogo, S. (2020). Evaluation de l'effet de doses d'azote et de phosphore sur des paramètres agromorphologiques et du rendement du riz: cas de la variété Djoukèmin dans un bas-fond de la région de Gagnoa. *Journal Interdisciplinaire de la Recherche Scientifique*, 1 (1). 8-16.
- [20] Haefele, S. M., Wopereis, M. C. S., Ndiaye, M. K., Barro, S. E., & Isselmou, M. O. (2003). Internal nutrient efficiencies, fertilizer recovery rates and indigenous nutrient supply of irrigated lowland rice in Sahelian West Africa. *Field Crops Research*, 80 (1), 19-32.
- [21] MARAH. (2022). Rapport pédologique d'avant-projet détaillé APD du Site de Sindou.40p.

- [22] Segda, Z., Yameogo, P. L., Mando, A., Kazuki, S., Wopereis, M. C., & Sedogo, M. P. (2014). Le phosphore limite-t-il la production intensive du riz dans la plaine de Bagré au Burkina Faso?. International. *Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8 (6), 2866-2878. SSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631.
- [23] Dobermann, A., Ping, J. L., Adamchuk, V. I., Simbahan, G. C., & Ferguson, R. B. (2003). Classification of crop yield variability in irrigated production fields. *Agronomy Journal*, 95 (5), 1105-1120. 677 S. Segoe Rd., Madison, WI 53711 USA.
- [24] Peng, S., Buresh, R. J., Huang, J., Zhong, X., Zou, Y., Yang, J.,... & Dobermann, A. (2010). Improving nitrogen fertilization in rice by site specific N management. A review. *Agronomy for sustainable development*, 30, 649-656.
- [25] Gustave, S. A. (2010). Effets de la fertilisation minérale sur des variétés améliorées de riz en condition irriguée à Gagnoa, Côte d'Ivoire. *Journal of applied biosciences*, 35, 2235-2243.
- [26] Imrani N., Ouazzani A., Chahdi M C., Touati J., Ouazzani A., Ouhami T., Benkirane R., Douira A. (2014). Effet de la fertilisation par différents niveaux de N P K sur le développement des maladies foliaires du riz. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 23, Issue 1: 3601-3625 Publication date 31/10/2014, <http://www.m.elewa.org/JAPS>; ISSN 2071-7024p.
- [27] Halilat, M. (1993). Etude de la fertilisation azoté et potassique sur blé dure (variété Aldura) en zone Saharienne (R. Ouargla) (Doctoral dissertation, *Thèse Mag. L'INES d'agronomie de Batna*, 114p).
- [28] FAO, (2003). Les engrais et leurs applications. Précis à l'usage des agents de la vulgarisation agricole, Association internationale de l'industrie des engrais, Institut mondial du phosphate 4 e édition, Rabat (Maroc). 77p.

Etude du pouvoir lactogène des graines de courge (*Citrullus Lanatus*) chez les rats femelles

[Study of the lactogenic power of squash seeds (*Citrullus Lanatus*) in female rats]

Meite Alassane¹, Adepo Yapo Prosper², Koffi Kouaho Samuel¹, Touzou Bléou Jean-Jaures², and Kati Coulibaly Seraphin¹

¹Laboratoire de Biologie et Santé, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de biotechnologie, agriculture et valorisation des ressources biologiques, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: Exclusive breastfeeding is the best nourishment for an infant. However, the rate of exclusive breastfeeding remains low to this day. The present work aims to improve the care of women suffering from hypogalactia through the use of pumpkin seeds. Indeed, squash seeds from the Cucurbitaceae family possessing elements characteristic of lactogenic plants are used for the production of milk according to nutritional surveys. To verify this claim, biochemical analyzes concerning proteins, lipids, carbohydrates, ashes, dietary fibers were carried out. Also, the phytochemical parameters were measured. Furthermore, the prolactin level in treated female rats was investigated. The study revealed significant levels of proteins (22.31 ± 0.02 g/100g), lipids (50.56 ± 0.02 g/100g), carbohydrates (9 ± 0.12 g/100g), ash (3.33 ± 0.08 g/100g), dietary fiber (11.04 ± 0.02 g/100g). The results of the phytochemical screening reveal that the polyphenol content is 20.12 mgEQ/gDM) and that of flavonoids is 11.74 mgEAG/gDM. Furthermore, animal experiments revealed a significantly higher prolactin level in female rats having received *Citrullus lanatus* powder (57.44 ng/ml) compared to those treated with distilled water (5.38 ng/ml) and those who received galactogil (22.27 ng/ml). The results obtained could allow the use of the *Citrullus lanatus* plant through its seeds as a nutritional and lactogenic plant to combat malnutrition in infants.

KEYWORDS: squash seeds, nutritional intake, phytochemical, lactogen.

RESUME: L'allaitement maternel exclusif est le meilleur aliment du nourrisson. Cependant, le taux de l'allaitement maternel exclusif reste faible jusqu'à nos jours. Le présent travail a pour objectif l'amélioration de la prise en charge des femmes souffrant de l'hypogalactie par l'utilisation des graines de courges. En effet, les graines de courges de la famille des Cucurbitacées possédant des éléments caractéristiques des plantes lactogènes sont utilisées pour la production de lait selon des enquêtes nutritionnelles. Pour vérifier cette allégation, des analyses biochimiques concernant les protéines, les lipides, les glucides, les cendres, les fibres alimentaires ont été menées. Aussi, les paramètres phytochimiques ont été dosés. Par ailleurs, le taux de la prolactine chez des rats femelles traité a été recherché. L'étude a permis de relever des teneurs significatives des protéines ($22,31 \pm 0,02$ g/100g), lipides ($50,56 \pm 0,02$ g/100g), glucides ($9 \pm 0,12$ g/100g), cendres ($3,33 \pm 0,08$ g/100g), des fibres alimentaires ($11,04 \pm 0,02$ g/100g). Les résultats du screening phytochimique révèlent que la teneur de polyphénols est de 20,12 mgEQ/gMS) et celle de flavonoïdes de 11,74 mgEAG/gMS. Par ailleurs, l'expérimentation animale a révélé un taux de prolactine significativement supérieur des rats femelles ayant reçu la poudre de *Citrullus lanatus* (57,44 ng/ml) par rapport à celles traitées à l'eau distillée (5,38 ng/ml) et à celles ayant reçu le galactogil (22,27 ng/ml). Les résultats obtenus pourraient permettre l'utilisation de la plante *Citrullus lanatus* à travers ses graines comme une plante nutritionnelle et lactogène permettant de lutter contre la malnutrition chez le nourrisson.

MOTS-CLEFS: graines de courge, apport nutritionnel, phytochimique, lactogène.

1 INTRODUCTION

La malnutrition reste un des problèmes nutritionnels majeurs chez les jeunes enfants en général et les nourrissons en particulier dans la plupart des pays en voie de développement, en milieu rural, (Adepo, 2022). Cette malnutrition apparaît à un stade très précoce surtout au cours de la phase d'allaitement maternel exclusif dans les six premiers mois de l'enfant (Tchéнар, 2017).

L'allaitement maternel exclusif améliore l'intelligence de l'enfant de la naissance à l'âge adulte (Victoria *et al.*, 2015). Il réduit également le risque de surpoids, d'obésité et de diabète chez les enfants et plus tard chez les adultes (Doukouré *et al.*, 2018). En revanche, les nourrissons qui reçoivent peu ou pas de lait maternel sont susceptibles d'être victimes d'une santé précaire. Ainsi, les enfants partiellement ou non allaités ont-ils 5 à 9 fois plus de risques d'être infectés (Sankar *et al.*, 2015).

En Côte d'Ivoire, selon une étude réalisée sur trois districts sanitaires d'Abidjan, le taux d'allaitement exclusif à six mois est à 16 % (Coulibaly *et al* 2014).

Ce faible taux est en partie lié à l'hypogalactie (Sultana *et al.*, 2013; Adepo, 2022). Toutefois, à travers des travaux antérieurs, les résultats ont montré l'activité galactagogue des plantes de *Euphorbia hirta* et de *Secamone afzelii* chez des rats Wistar femelles non accouplées dont la phase d'expérimentation s'est déroulée pendant quatre (4) jours (Adepo, 2013).

Aussi, selon des enquêtes nutritionnelles, les graines de courges (*Citrullus lanatus*) sont utilisées fréquemment pour stimuler et renforcer la sécrétion du lait chez les femmes allaitantes selon des enquêtes nutritionnelles (Badirou et Mouftaou, 2015; Anne-Sophie, 2021). Quel est l'impact des graines de courges sur la lactation chez les rats femelles ? De cette question ressort les hypothèses suivantes. Les graines de courges utilisées pour améliorer la production de lait possèdent-elles des composés phytochimiques et biochimiques caractéristiques des plantes lactogènes. Les graines de courges augmentent-elles le taux de prolactine chez les rats femelles gavées. Cette étude a donc pour objectif général l'amélioration de la prise en charge des femmes souffrant de l'hypogalactie par l'utilisation des graines de courges. Spécifiquement, il s'agit de:

- 1 -Caractériser les paramètres biochimiques et éléments phytochimiques des graines de courge.
- 2 -Déterminer le taux de prolactine des rats femelles gavés avec les graines de courge.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL

2.1.1 MATÉRIEL ANIMAL

Le matériel animal est composé de 36 rates Albinos (*Rattus norvegicus*) adultes de souche Wistar de 14 semaines, de poids moyen 167 ± 7 g. Les rates ont été élevées au Vivarium de l'ENS (Ecole normale supérieure, Abidjan, Côte d'Ivoire), et nourries avec des granulés.

2.1.2 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Le matériel végétal utilisé est constitué de graines de courges qui sont achetées au marché de la Commune Yopougon Lubafrique (Abidjan, Côte d'Ivoire) dans le mois de Juin de l'année 2022. Les graines ont été conservées dans un pot.

2.2 MÉTHODES

2.2.1 DETERMINATION DES PARAMETRES BIOCHIMIQUES ET DES COMPOSES PHYTOCHIMIQUES DES GRAINES DE COURGE

La détermination de la teneur en humidité est réalisée en utilisant l'étuve (MEMMERT 854 SCHWABACHW, Allemagne) selon la méthode AOAC (1975). La teneur en cendres est obtenue par pesée du résidu de l'échantillon incinéré à 550°C (AOAC, 1990). La teneur en protéines des graines de courge a été estimée selon la méthode Kjeldahl (AOAC, 1990). Les lipides totaux ont été extraits selon la méthode SOXHLET (AOAC, 1990). Le dosage des fibres a été effectué selon la méthode d'AOAC (1990). Les glucides totaux et la valeur énergétique sont déterminés suivant la méthode de calcul préconisé par la FAO (2002). La vitamine K a été dosée selon la méthode de Billion-Rey *et al.* (1993). Le dosage des flavonoïdes a été effectué après une triple extraction par un mélange acétone / eau / acide acétique (70 / 28 / 2: v / v / v) (Zhishen *et al.*, 1999, Kim *et al.*, 2003). Le dosage des polyphénols a été effectué suivant la méthode spectrophotométrique utilisant le réactif de Folin ciocalteu (Cisco *et al.* 2009).

2.2.2 DÉTERMINATION DU TAUX DE PROLACTINE

2.2.2.1 CONDUITE EXPÉRIMENTALE

Trois lots homogènes de 6 rats femelles de 14 semaines ont été utilisés. Ces groupes d'animaux ont été placés dans des cages en plastique avec couvertures en grillage inoxydable.

L'eau et la nourriture (granulés), constituant leurs alimentations habituelles sont servies *ad-libitum* et renouvelées chaque jour. L'expérimentation a été conduite pendant quatre (4) jours (Sawadogo *et al.*, 1989; Houdebine *et al.*, 1990; Adepo, 2013).

2.2.2.2 PRODUITS UTILISÉS ET FREQUENCES DE GAVAGE

Le lot 1 a reçu à jeun 5 mL d'eau distillée par voie orale deux fois par jour le matin à 8 h et le soir à 16 h à l'aide d'une seringue à gavage. Le lot 2 a été traité à jeun avec le galactogil en raison de 1 g dissous dans 5 mL d'eau distillée à une dose de 1,197 kg/mL/g par voie orale, deux fois par jour à l'aide d'une seringue à gavage. Le lot 3 a reçu également à jeun 1 g de la poudre de graines de courge dissous dans 5 mL d'eau distillée à une dose de 1,197 kg/mL/g lors de chaque gavage. Le produit de synthèse composé de galactogil constitue le témoin positif; l'eau distillée constitue le témoin négatif et la poudre de graines de courge constitue le produit test.

2.2.2.3 PRÉLÈVEMENT SANGUIN

Les rats ont été, à la fin de l'expérimentation animale, anesthésiés avec de l'éther COOPER. Des prélèvements d'au moins deux (2) mL ont été effectués, à jeun, chez les rates au lendemain du quatrième jour de traitement au niveau de la veine jugulaire. Le sang prélevé a été centrifugé à 3000 tours/min pendant 10 min à l'aide d'une centrifugeuse JOUAN pour obtenir le sérum. L'évaluation des concentrations plasmatiques en prolactine a été réalisée sur le sérum obtenu.

2.2.2.4 DOSAGE DE LA PROLACTINE

Le principe de la concentration plasmatique en prolactine associe la méthode immunoenzymatique sandwich à la détection finale en fluorescence (Miletich, 1990). Une quantité de 200 µL d'échantillon a été prélevé puis transférée dans le puits contenant 400 µL d'anticorps antiprolactine marqué à la phosphatase alcaline ayant pour substrat 4-Méthyl-Ombelliferyl phosphate (0,6 M) dont l'hydrolyse qui a été réalisée produit une fluorescence lue à 450 nm. La valeur du signal de fluorescence émise est proportionnelle à la concentration de prolactine présente dans l'échantillon. Les résultats du paramètre sérique qu'est la prolactine ont été analysés et calculés à l'aide d'un automate de type VIDAS (Bjoro *et al.*, 1993).

2.2.3 ANALYSES STATISTIQUES DES DONNÉES

Les données de cette étude ont été transférées dans le Logiciel Excel 2016 pour le traitement statistique.

A l'aide de celui-ci, une analyse de variance (ANOVA) à un facteur a été effectuée sur l'ensemble des données afin de déterminer l'existence de différences significatives entre les moyennes calculées. Pour la mise en évidence de différence significative, le test de Newman-Keuls au seuil 5 % a été utilisé.

3 RESULTATS

3.1.1 PARAMÈTRES BIOCHIMIQUES

Après analyse, les valeurs obtenues révèlent que les graines de courge renferment en moyenne $3,8 \pm 0,00$ g/100g d'humidité. La teneur en matière sèche obtenue s'élève à $96,2 \pm 0,00$ g/100g de matière sèche. Quant à la teneur en cendre elle est de $3,33 \pm 0,08$ g/100g. Au niveau des protéines le résultat montre une teneur de $22,31 \pm 0,02$ g/100g. Pour les lipides il est observé un taux de $50,56 \pm 0,02$ g/100g tandis que celui en fibres alimentaires enregistrés est de $11,04 \pm 0,02$ g/100g. Les glucides ont une valeur de $9 \pm 0,12$ g/100g, la valeur énergétique est égale à $580,14 \pm 0,46$ kcal/100g de valeur, et la teneur de $2,13$ µg/100g est obtenue pour la vitamine K.

3.1.2 PARAMÈTRES PHYTOCHIMIQUES

Les teneurs moyennes en flavonoïdes et polyphénols totaux des graines de courge sont respectivement 11,74 mgEQ/gMS et 20,12 mg EAG/gMS.

3.1.3 CONCENTRATION PLASMATIQUE EN PROLACTINE

Les concentrations plasmatiques en prolactine des rats traités avec la poudre de graines de courge, le galactogil et l'eau distillée sont variables. Les concentrations plasmatiques les plus élevées chez les rats traités sont enregistrées avec la poudre de graines de courge ($57,44 \pm 0,74$ ng/ml) comparativement à celles du galactogil ($22,27 \pm 0,83$ ng/ml) et l'eau distillée ($5,38 \pm 0,78$ ng/ml).

4 DISCUSSION

L'analyse biochimique révèle que les graines de courge (*Citrullus lanatus*) contiennent une faible teneur en eau. Ces résultats concordent avec ceux de **Erhirhie & Ekene (2013)** et **Badirou & Mouftaou (2015)**. Ceux-ci ont respectivement trouvés des taux d'humidité évalués à $4,6 \pm 0,3$ % et $9,14 \pm 0,14$ %. La teneur en humidité est un paramètre important dans la conservation des denrées alimentaires. Ainsi, la teneur d'humidité relativement basse des graines de courge analysées ($3,8 \pm 0,00$ %) serait-elle un avantage pour la conservation, car la durée de conservation d'un produit est étroitement liée à sa teneur en eau (**Atalar & Dervisoglu, 2015**). La teneur des graines de courge en lipides ($50,56 \pm 0,02$ %) est semblable à celle trouvée dans la farine de graines de courge par **Badirou & Mouftaou (2015)** évaluée à $49,82 \pm 0,09$ %. Les résultats enregistrés ($50,56 \pm 0,02$ %) sont comparables en général à ceux de la famille des Cucurbitacées oléagineuses du cultivar bebu de *Citrullus lanatus* ($42,9 - 57,3$ % MS) issus des travaux de **Steiner (2014)**. Ces résultats indiqués sont inférieurs à ceux de **Aguieb & Messai (2015)** ($54,5 \pm 3,7$ %) observés avec l'arachide qui est réputée posséder un pouvoir lactogène en association avec d'autres graines tels que les graines de *Vigna unguiculata*, *Cucurbita maxima*, *Vitellaria paradoxa* (**Salifou, 2015**). Les teneurs indiquées sont cependant, supérieures à celle trouvée avec l'espèce *Citrus vulgaris* dont les valeurs obtenues sont situées dans la marge 21,1 à 38,8 % de matière grasse (**Akanji, 2011; Ayssiwèdè et al., 2011; Zanmenou, 2013**). Les teneurs en lipides des graines de courges pourraient être utiles dans la lutte contre le taux de cholestérol élevé qui est un indicateur de santé.

Tableau 1. Paramètres biochimiques des graines de courge

Paramètres	Teneur moyennes
Humidité (g/100gMF)	$3,80 \pm 0,00$
Matière sèche (g/100gMF)	$96,2 \pm 0,00$
Cendres (g/100gMS)	$3,33 \pm 0,08$
Glucides (g/100gMS)	$9 \pm 0,12$
Protéines (g/100gMS)	$22,31 \pm 0,015$
Lipides (g/100gMS)	$50,56 \pm 0,017$
Fibres alimentaires (g/100gMS)	$11,04 \pm 0,022$
Valeur énergétique (kcal/100g)	$580,14 \pm 0,46$
Vitamines k (μ g/100g)	$2,13 \pm 0,00$

Les valeurs du tableau sont des moyennes de trois essais, affectées de leurs écart-types.

Tableau 2. Paramètres phytochimiques des graines de courge

Paramètres	Valeurs moyennes
Flavonoïdes (mg EQ/ g MS)	$11,74 \pm 0,024$
Polyphenols (mg EAG/ g MS)	$20,12 \pm 0,019$

Les valeurs du tableau sont des moyennes de trois essais, affectées de leurs écart-types.

Tableau 3. Concentration plasmatique en prolactine des rats femelles

Substances administrées	Concentration plasmatique en prolactine (ng/mL)
Eau distillée	5,38±0,16 ^a
Galactogil (0,2 g/mL)	22,27±0,22 ^b
Solution aqueuse de graines de courge (0,2 g/mL)	57,40±0,26 ^c

Les valeurs du tableau sont des moyennes de trois essais, affectées de leurs écart-types. Les valeurs portant en exposant des lettres différentes sont statistiquement différentes à $P < 0,05$.

S'agissant des protéines des graines de courge, la teneur est de $22,31 \pm 0,02$ %. Cette valeur est similaire à celle trouvée par **Badirou & Mouftaou (2015)** qui est, $23,4 \pm 0,2$ %. Les résultats des taux en protéines enregistrées sont inférieurs à ceux des travaux de **Steiner (2014)** de la famille des Cucurbitacées oléagineuses de type cultivar bebu de *Citrullus lanatus* (24,3 – 41,6 % MS). Les graines de courges pourraient être considérées comme source protéique pour des teneurs de $22,31 \pm 0,02$ %. D'ailleurs, la teneur notable des protéines des graines de courges justifie leurs utilisations dans la ration alimentaire et la fortification des pains (**Méité et al., 2008**). Les protéines des graines de courges sont d'une qualité alimentaire élevée. Quant à la teneur en glucides, les graines de courge enregistrent des taux inférieurs à ceux de **Badirou & Mouftaou (2015)**, par contre, la teneur en glucides indiqué est semblable à celle de par les auteurs **Erhirhie & Ekene (2013)**. Les teneurs enregistrées des protéines, des lipides et des glucides dans les graines de courge sont en rapport avec les valeurs énergétiques $580,14 \pm 0,46$ %. Cette valeur énergétique est semblable à celle retrouvée par **Badirou & Mouftaou (2015)** et supérieure à celle de la variété egousi **Erhirhie & Ekene (2013)** ($594 \pm 0,12$ Kcal/100g et $547,3 \pm 0,5$ Kcal/100g). La consommation des graines de courge pourrait avoir une influence considérable dans la couverture des besoins énergétiques journaliers des consommateurs. Ces valeurs suggèrent que les graines de courge sont de très bonnes sources, de protéines, de glucides, de lipides et d'énergie. Les valeurs énergétiques obtenues sont de $580,14 \pm 0,46$ Kcal/100g. Cette forte valeur énergétique, constituerait une source d'énergie pour couvrir les besoins énergétiques liés aux situations d'intenses efforts physiques d'allaitement. La fatigue est un facteur limitant dans la sécrétion lactée selon **OMS & l'UNICEF. (1989)**.

Quant à la teneur en cendres, elle s'élève à $3,3 \pm 0,08$ %. Cette teneur en cendres est semblable à celle contenue dans les graines de Melon egousi indiquée lors des études de **Erhirhie & Ekene (2013)** et à celui de **Badirou & Mouftaou. (2015)**. Les minéraux contenus dans les cendres sont importants dans le bon fonctionnement de l'organisme.

Concernant la teneur de fibres alimentaires, elle est de $(11,04 \pm 0,02)$ %. La teneur élevée en fibres alimentaire est en corrélation avec celle des glucides en général. La teneur enregistrée en fibres alimentaires est semblable à celle retrouvée chez le melon egousi ($12 \pm 0,1$ %) (**Erhirhie & Ekene, 2013**). Les fibres alimentaires sont des résidus glucidiques non digestibles et elles sont présentes en proportion élevée dans les graines de courge. La consommation des graines de courges serait bénéfique pour stimuler la lactation et la santé des femmes allaitantes. Les fibres alimentaires pourraient contribuer à la stimulation de la prolactine (**Emorutu, 2017**). Les graines de courge pourraient être considérées comme un aliment nutritif au même titre que les graines d'arachides (**Bamba, 2015**).

La teneur en vitamine k des graines de courge est de $2,13 \mu\text{g}/100\text{g}$. La présence de vitamine K est une ressource de propriétés lactogènes pour les plantes qui en contiennent (**Déléké et al., 2018**).

L'analyse phytochimique a permis de déceler la présence de polyphénols et de flavonoïdes respectivement à des proportions de $20,12 \text{ mgEQ/g MS}$ et $11,74 \text{ mgEAG/g MS}$. La présence des constituants composés de flavonoïdes et des polyphénols en plus des fibres alimentaires sont également des éléments caractéristiques des plantes lactogènes en général. D'ailleurs, selon les travaux de **Prakash & Ragava. (2009)**, les résultats de l'analyse phytochimique de l'espèce *Cyperus esculentus* effectuées, révèlent la présence de métabolites secondaires tels que les stéroïdes, flavonoïdes, polyphénols. Ces métabolites sont doués de plusieurs fonctions biologiques dont celle d'induire la production de la prolactine. Les résultats des teneurs en flavonoïdes ($11,74 \text{ mgEAG/g MS}$) issus de l'étude sont supérieurs à ceux de la variété brune qui présente une teneur de $1,04 \text{ mg/g}$ (**Ayo, 2016**). Aussi, d'autres auteurs rapportent que les composés phytochimiques peuvent être responsables de l'augmentation de la teneur de la prolactine circulante dans le sang et, de ce fait, peuvent contribuer aussi à l'effet stimulateur de la lactation révélé chez les plantes galactogènes qui en contiennent (**Akouedegni, 2012**). Les oléagineux et les légumineuses sont en général considérés comme des aliments nutritifs (**Koné, 2019**). Les graines de courges sont riches en nutriments tels que les protéines, les glucides, les lipides et les cendres. Les graines de courges pourraient être considérées comme une source importante d'apport nutritionnel constitué surtout des minéraux. En général, les minéraux seraient à la base de la stimulation de l'action des enzymes impliquées dans le phénomène de la sécrétion de la prolactine, car les minéraux constituent les cofacteurs métalliques des enzymes. De ce fait, les éléments minéraux pourraient rendre l'action lactogène des composés polysaccharides plus efficaces à l'effet d'augmenter la production de la prolactine (**Adepo, 2013; Emurotu, 2017**).

Concernant, le dosage de la prolactine qui est une hormone de la production de lait maternel chez les mammifères, les résultats enregistrés lors de la phase expérimentale animale chez des lots de rats femelles de Souches Wistar de 14 semaines avec un poids moyen de 161 ± 7 g. Les valeurs moyennes en prolactine des rats femelles traitées à la salution aqueuse de graines de courge, au galactogil et à l'eau distillée sont respectivement $57,44 \pm 0,74$ ng/ml, $22,27 \pm 0,83$ et $5,38 \pm 0,78$ ng/ml. A cet effet, le taux de prolactine des rats femelles ayant reçu la solution aqueuse de graines de courge est significativement supérieur à celui des rats femelles traitées par le galactogil et supérieur à celui des rats femelles qui ont reçu l'eau distillée $5,38 \pm 0,78$ ng/ml. Cela suggère la présence d'un principe lactogène qui serait à l'origine de la stimulation de la prolactine.

5 CONCLUSION

L'apport nutritionnel significatif et le fort pouvoir lactogène des graines de courge chez les rats femelles indiquent que ces graines pourraient être utilisées dans la lutte contre le tarissement des mamelles chez les femmes allaitantes afin de lutter contre la malnutrition chez le nourrisson.

REFERENCES

- [1] Adepo Y. P. 2013. Evaluation du pouvoir lactogène de deux plantes *Euphorbia hirta* et *Secamone afzelii* du Sud de la Côte d'Ivoire sur les rates. Thèse Unique de Doctorat Unique de Biotechnologie. Option Sciences des aliments, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, 147p.
- [2] Adepo Y.P., Soro S., Touzou B.J.J., Chatigre K.O., Koffi E., Biego G.H. & Kati-Coulibaly S. 2022. Etude des pratiques de l'allaitement maternel chez les nourrissons de 0 à 6 mois, *Journal of Food Research*, 11 (1): 23-27.
- [3] Akanji A. M., 2011. Effects of raw, cooked and defatted melon seeds on performance characteristics and mineral retention of broiler chickens. *Journal of Environmental Issues and Agriculture in Developing Countries*, 3 (3): 58-64.
- [4] Akouèdègni C.G. 2013. «Contribution à l'ethnopharmacopée vétérinaire: cas des plantes galactogènes et anthelminthiques». Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi (Benin).; 244p.
- [5] Anne-Sophie. O. 2021 Allaitement: les aliments pour avoir une bonne lactation. <https://www.radins.com/shopping/bien-etre/les-aliments-a-consommer-pour-booster-votre-allaitement/21837>. Visité le 22/03/2022.
- [6] Ayo J. A., Adedeji O. A and G. Ishaya 2016 «Phytochemical Composition and Functional Properties of Flour Produced from two Varieties of Tigernut (*Cyperus esculentus*) » *FUW Trends in Science & Technology Journal* Vol. 1 No. 1 pp 261-266.
- [7] Ayssiwedé S.B., Zanmenou J.C., Issa Y., Hane M.B., Dieng A., Chrysostome C.A.A.M., Houinato M.R., Hornick J.L., Missohou A. 2011. Nutrient Composition of Some Unconventional and Local Feed resources available in Sénégal and recoverable in indigenous chickens or Animal Feeding, *Pakistan Journal of Nutrition* 10 (8): 707-717.
- [8] A.O.A.C. 1990. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists 15th édition. Washington. pp.503-515.
- [9] A.O.A.C. 1975. Official Methods of Analysis, Association of Agricult. 12^{ème} édition, CHEM. Washington (USA). pp.75-80.
- [10] Badirou S.A.O. & Mouftaou R. 2015. Essais de valorisation des amandes de courge en beignets: cas de *Citrullus lanatus*, Rapport de fin de FORMATION pour l'obtention du Diplôme de licence professionnelle en Technologie Alimentaire, Benin, 48p.
- [11] Billion-Rey F., Guillaumont M., Frederich A.Y., Aulagner G. 1993. Stability of fatsoluble vitamins A (retinol palmitate), E (tocopherol acetate), and K1 (phyloquinone) in total parenteral nutrition at home. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 17 (1): 56-60. DOI: <https://doi.org/10.1177/014860719301700156>.
- [12] Bjoro T., Johansen E., Frey H. H., Turtur A. & Torjesen P. A. 1993. Different responses in little and big prolactin to metoclopramide in subjects with hyperprolactinemia due to 150 - 170 kD (bigbig) prolactin. *Acta Endocrin.*, 128: 308-312.
- [13] Cisco N., Lanobe T.M., Paraggio M., Viggiano M. & Lattanzio V., 2009. A reproducible, rapid and inexpensive Folin-ciocalteu micro-method in determining phenolic of plant methanol extract. *Microchemical Journal*, 9 (1): 107-110.
- [14] Deleke K.K.E.I., Gbaguidi F., Julien G. D., & Brice S. 2018. Identification et dosage des vitamines A, E et K dans quelques plantes utilisées pour le traitement des troubles de la menstruation et de l'allaitement. *Journal international des Sciences Biologie et de la Chimie* 12 (4): 1802-1815.
- [15] Emurotu J.M. 2017. «Comparison of the Nutritive Value of the Yellow and Brown Varieties of Tiger Nut,» *IOSR. Journal of Applied Chemistry (IOSR-JAC)*, 10 (9): 29-32.
- [16] Erhirhie, E.O & Ekene N.E. 2013. Valeurs Médicinales sur *Citrullus lanatus* (Pastèque): Examen pharmacologique. *Journal international de recherche en sciences pharmaceutiques et biomédicales*, 4 (4): 1305-1312.
- [17] Gabay M.P. 2002. Galactogogues: Medications That Induce Lactation. *Journal of Human Lactation*, 18, 274-279.
- [18] Houdebine L. M., Sawadogo L. & Sepehri H. 1990. Etude de l'action lactogène de la bière. *Experience Scientifique française*, 147: 1-4.

- [19] Koko B., Konan A., Kouacou F., Djétouan, J. & Amonkan A. 2019. Galactagogue effect of *Euphorbia hirta* (Euphorbiaceae) aqueous leaf extract on milk production in female wistar rats. *Journal of Biosciences and Medicines*, 7, 51-65.
- [20] Kramer MS, Kakuma R. 2004. The optimal duration of exclusive breastfeeding: a systematic review. *Advance Expérience Medecine Biologie.*; 554: 63-77.
- [21] Meite A., Gustave K.K., Kati-Coulibaly S. & Michel A.O. 2008. Étude de la valeur nutritionnelle du pain normal et des pains composites contenant de la farine de graines délipidées de *Citrullus lanatus* (Cucurbitacées). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 77: 80 – 103.
- [22] Miletich J.P. 1990. Seminars in thrombosis and haemostasis, *Stroke.*, 16 (2): 169-176.
- [23] Naitre et Grandir. 2017. L'allaitement. [Visité le 19/03/2022].
En ligne: [http://naitreetgrandir.com/fr/etape/0_12_mois/alimentation/fiche.aspx ? doc=naitre-grandir-allaitement-maternel-avantage](http://naitreetgrandir.com/fr/etape/0_12_mois/alimentation/fiche.aspx?doc=naitre-grandir-allaitement-maternel-avantage).
- [24] Prakash N., Ragava, B. 2009. «Phytochemical observation and antibacterial activity of *Cyperus esculentus* L.,» *Ancient Science of Life*, 28 (4): 16 – 20.
- [25] Salifou A., Alidou C., Tchobo F.P & Soumanou M.M. 2015 Caractérisation physique et valorisation des amandes de trois espèces de courge (*Citrullus lanatus*, *Lagenaria siceraria* et *Cucumeropsis edulus*) produites au Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) Numéro 78 BRAB en ligne (on line) sur le site web <http://www.slire.net> ISSN sur papier (on hard copy): 1025-2355 et ISSN en ligne (on line): 1840-7099, 38-43 P.
- [26] Sawadogo L., Sepehri H., & Houdebine L. M. 1989. Mise en évidence d'un facteur stimulant la sécrétion de la prolactine et de l'hormone de croissance dans les drêches de brasserie. *Reproduction. Nutritionnel*, 29: 139-146.
- [27] Steiner M, Nuno-Ameyaw P, Agbemaflé I, Hammond S, Tano-Debrah K. 2014. Nutrient composition and protein quality of four species of the Cucurbitaceae family. *Advance Journal of Food and Technology*, 6 (8): 843-851.
- [28] Tchenar sihemhanane, 2017. Allaitement maternel exclusif à 6 mois Thèse de Doctorat en Médecine. Université ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN. Faculté de Médecine Caire Algérie 47P.
- [29] Thomas S. 2014. Corps gras non conventionnels du Bassin du Congo: Caractérisation, biodiversité et qualité. 21 (2): 14.
- [30] WHO. 2009. Infant and Young Child Feeding Model Chapter for Textbooks for Medical Student and Allied Health Professionals. 99 p.
- [31] Zanmenou J. C. 2013. Effets de l'incorporation de la farine des graines de *Citrullus vulgaris* dans l'aliment sur les performances zootechnicoéconomiques chez les poulets de chair Productions Animales et Développement Durable Spécialité: Ingénierie des Productions Animales: UNIVERSITE Cheikh Anta Diop de Dakar Mémoire de master école inter - états des sciences et medecine veterinaires Dakar (Sénégal), pp26.

Principales caractéristiques biologiques de *Porophyllum ruderale* (Jacq.) Cass.: Adventice envahissante dans la région de la Mé, Sud-Est de la Côte d'Ivoire

[Main biological characteristics of *Porophyllum ruderale* (Jacq.) Cass.: An invasive weed in the Mé region, South-Eastern Côte d'Ivoire]

Ahia Christine Florence KPLA¹, Awa TOURE², Arnaud-Freddy YAPI³, and N'Guessan François KOUAME¹

¹Laboratoire de Biologie Végétales et Sciences de la Terre, UFR Sciences et Technologies Université Alassane Ouattara, Bouaké, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de Milieux Naturels et Conservation de la biodiversité, UFR Biosciences Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

³Laboratoire de Biologie Végétale, UFR Sciences Biologiques Université Péléforo Gon Coulibaly, Korhogo, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The difficulties associated with effective weed control methods are conditioned by the biology and ecology of the weed species present. With a view to the sustainable control of weeds, we have been interested in understanding the main biological characteristics of *Porophyllum ruderale*, an invasive weed recently observed in various forest regions, including the Mé region. What potential does this exotic species have for adapting to new environmental conditions? To do this, the biological cycle was observed and experiments were carried out on plots that had been heavily weeded by this weed. The data collected was processed using Excel and XISat software (Kruskal-Wallis, Mann Whitney, PCA). The germination capacity of *Porophyllum ruderale* was 80%, with 55% emergence in the first week (7 days). For a life cycle of approximately 6 months, average seed production is estimated at $68,931.400 \pm 34,419.749$ seeds/individual and the average size of individuals is 288 ± 61.776 cm. Although the seeds of this weed are highly volatile (dispersed by the wind), it has a storage potential in the soil. This is estimated at between 4,514 and 5,381 seeds/m². The biological characteristics of this weed are better known and this work has shown that *Porophyllum ruderale* has developed exceptional capacities for acclimatisation in this region.

KEYWORDS: *Porophyllum ruderale*, exotic species, naturalization, Adzopé (Côte d'Ivoire).

RESUME: Les difficultés liées aux méthodes efficaces de désherbage sont conditionnées par la biologie et l'écologie des espèces d'adventices en présence. Dans cette perspective du contrôle durable des adventices, un intérêt a été porté à la compréhension des principales caractéristiques biologiques de *Porophyllum ruderale*, une adventice envahissante récemment observée dans les différentes régions forestières dont celle de la Mé. Quels potentiels déploient cette espèce exotique pour s'adapter aux nouvelles conditions environnementales. Pour ce faire, le cycle biologique est observé et des expérimentations sont réalisées sur des parcelles très enherbées par cette adventice. Les données recueillies ont été traitées par les logiciels Excel et XISat (Kruskal-Wallis, Mann Whitney, ACP). Ainsi, la capacité germinative de *Porophyllum ruderale* s'élève à 80% dont 55% de levée la première semaine (7 jours). Pour un cycle de vie d'environ 6 mois, la production semencière moyenne s'estime à $68\,931,400 \pm 34\,419,749$ semences/individu et la taille moyenne des individus est de $288 \pm 61,776$ cm. Malgré que les semences de cette adventice sont très volatiles (dispersion par le vent), elle possède un potentiel de stockage dans le sol. Celui-ci est évalué entre 4514 et 5381 graines/m². Les caractéristiques biologiques de cette adventice sont mieux connues et ces travaux ont montré que *Porophyllum ruderale* à développer des capacités exceptionnelles d'une bonne acclimatation dans cette région.

MOTS-CLEFS: *Porophyllum ruderale*, espèce exotique, naturalisation, Adzopé (Côte d'Ivoire).

1 INTRODUCTION

De nos jours, de nombreux agriculteurs rencontrent des difficultés à désherber leurs parcelles à temps à cause d'une main d'œuvre de plus en rare. Outre, la méthode de lutte traditionnelle manuelle avec des outils rudimentaires comme la machette et la daba, certains paysans utilisent des herbicides tandis que d'autres ont recours aux tracteurs bovins [1]. La bonne maîtrise des adventices dans un système agricole est fonction de la méthode de lutte choisie. Toutefois, quelle que soit la méthode de désherbage employée, les caractéristiques biologiques des espèces d'adventices les plus abondants dans l'agroécosystème sont à prendre en compte. Les adventices constituent l'une des principales causes de pertes de production à travers le monde ([2, 3]). En effet, [4] évoquent des préjudices pouvant atteindre plus de 40 % de la production mondiale, représentant un dommage de plus de 400 milliards d'euros.

En Afrique de l'Ouest, plus de 500 espèces d'adventices ont été répertoriées dont certaines sont de véritables calamités [5]. La famille des Asteraceae renferme de nombreuses espèces invasives notamment *Chromolaena odorata* (L.) R. M. King & H. Rob. citée parmi les 100 espèces exotiques envahissantes les plus néfastes au plan mondial [6]. *Ageratum conyzoides* Linn. [7]; *Bidens pilosa* Linn., *Chromolaena odorata* (L.) R. M. King & H. Rob. ([8, 9, 10], *Tithonia diversifolia* A. Gray [11] et *Tridax procumbens* Linn. [7], constituent de véritables menaces pour les agroécosystèmes. *Porophyllum ruderale* (Jacq.) Cass. est une espèce envahissante originaire du Sud-Est du Brésil, s'adaptant à tous types de sols ([12, 13]) et se propageant uniquement par graines [14]. Récemment apparue en Côte d'Ivoire, entre 2010 et 2015 ([15, 16]) les caractéristiques biologiques de *Porophyllum ruderale* (Jacq.) Cass. sont inconnues des producteurs alors que la référence [17] l'a identifiée comme l'une des principales contraintes biologiques qui affecte les rendements des productions agricoles dans la Région de la Mé. Quelles capacités biologiques développent cette espèce introduite et quelles sont ses stratégies d'invasion. Quel lien existe-t-il entre la taille des individus de *Porophyllum ruderale* (Jacq.) Cass. et la production semencière.

La référence [18] a émis une dizaine de caractères biologiques des adventices envahissantes dont nous retiendront la capacité de germination, l'identification du cycle biologique et de la phénologie, la variation de la taille en fonction de la production de semences, enfin l'évaluation du stock semencier sur une parcelle infestée par cette adventice.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITE D'ÉTUDE

Chef-lieu de la région de la Mé, Adzopé est située à environ 100 km d'Abidjan (Figure 1). La parcelle expérimentale située à 7 km d'Adzopé (village de Zodzi), a pour coordonnées géographiques, latitude Nord 4°00' et longitude Ouest 6°65'. Cette région appartient au secteur mésophile du domaine Guinéen caractérisée par deux saisons de pluies intercalées par deux saisons sèches [19]. La température moyenne varie de 21 à 27°C et la pluviométrie moyenne est de l'ordre de 1500 mm [17]. Ce site a été choisi car le taux d'infestation de *Porophyllum ruderale* est très élevé dans la région de la Mé [16].

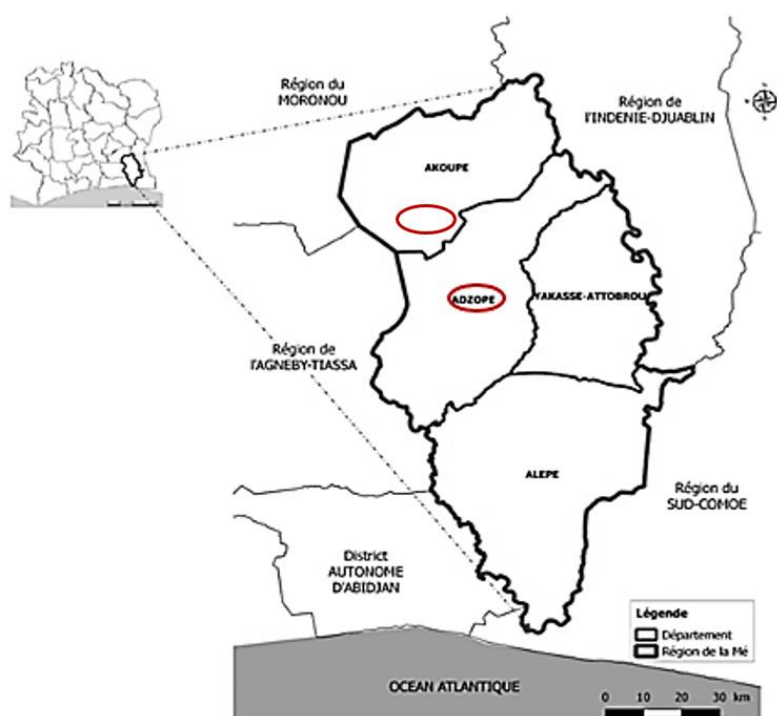


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude sur la carte administrative de la Côte d'Ivoire

2.2 COLLECTE DE DONNÉES

Pour évaluer le taux et la vitesse de germination de *P. ruderale*, 400 akènes ont été récoltés trois jours après la floraison du capitule et ensemencés dans quatre (4) germoirs en raison de 100 akènes par germoir. Le taux et la vitesse de germination ont été notés chaque semaine par comptage direct pendant six (6) semaines en saison des pluies.

Pour établir le cycle biologique et la phénologie de *P. ruderale*, 30 individus ont été choisis au hasard sur le site expérimental. Le cycle biologique de l’adventice a été déterminé ainsi que sa production de semences par capitule (100 capitules) par un comptage direct. La taille totale de chacun de ces 30 individus a été mesurée à l’aide d’un ruban mètre afin de vérifier si ce paramètre influençait la production de semence de cette adventice.

L’estimation du stock semencier de *P. ruderale* a été faite sur une parcelle de 100 m² enherbées par l’adventice avec un indice élevé (5) selon la référence [20] et considérée comme la surface minimum pour cette étude selon la méthode de la référence [1]. Cette surface est scindée en sous-parcelles élémentaires de 4 m² numérotées de 1 à 100 séparées d’une distance de 1 m chacune (Figure 2). Parmi les sous-parcelles, 20 sont choisies au hasard (échantillonnage aléatoire) pour l’étude du stock semencier consistant à un prélèvement des carottes de sol à l’aide d’une spatule, effectuées au point d’intersection des deux diagonales de chaque sous-parcelle, à 10 cm de profondeur et 4 cm de diamètre après chaque sarclage [21]. Les échantillons de sol ont été séchés à l’ombre, tamisés afin d’éliminer les éléments grossiers (cailloux, débris végétaux, autres graines), puis les akènes de *P. ruderale* y ont été dénombrées. Cette activité s’étend sur deux générations (un an) La densité de levées de l’adventice est également estimée dans les 20 sous-parcelles échantillonnées car il provient du stock semencier. Trois semaines (21 jours) après ce premier sarclage, un dénombrement des nouveaux individus de *P. ruderale* a été effectué. Ensuite les 20 sous-parcelles échantillonnées sont scindées en deux lots de 10 dont le premier n’a plus été sarclé tandis que le second lot l’a été une seconde fois. Vingt et un (21) jours après le second sarclage, la densité de la deuxième génération de *P. ruderale* a été déterminée. Ces plants constituent dans le second lot de sous-parcelles Cette détermination du nombre d’akènes par échantillon de sol a permis d’évaluer la richesse du sol en semences (RS) de *P. ruderale* qui a permis d’identifier la densité d’infestation de l’adventice d’une parcelle pour un désherbage manuel.

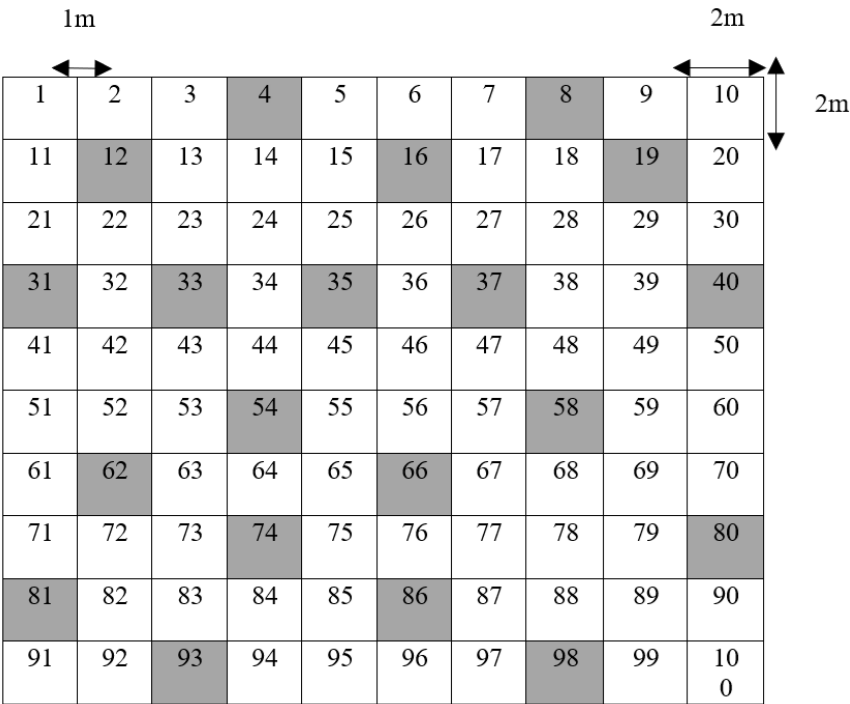


Fig. 2. Dispositif expérimental de l’étude du stock semencier de *P. ruderale* (en gris les sous-parcelles échantillonnées)

2.3 ANALYSES DES DONNÉES

Les données recueillies ont été analysées à travers plusieurs formules:

- *Taux de germination (Tg)*

$$Tg = (Nsg / Nst) \times 100 \quad (1)$$

Nsg : Nombre de graines germées ; Nst : Nombre total de graines semées.

- *Production moyenne de capitules (Pm)*

$$Pm = (n1+n2+.....nx / nt) / N \quad (2)$$

n1.....nx : nombre de capitules produites par plant ; N : Nombre total de plants (30)

- *Production semencière (Ps)*

Le capitule, caractéristique de l'inflorescence des Asteraceae, ressemble à une fleur unique mais en réalité est composée de plusieurs petites fleurs sessiles sur un réceptacle. A maturité, chaque petite fleur libère un type de fruit sec indéhiscent appelé cypsèle, appartenant au groupe des akènes, constituant les semences renfermant la graine (Figure 3).

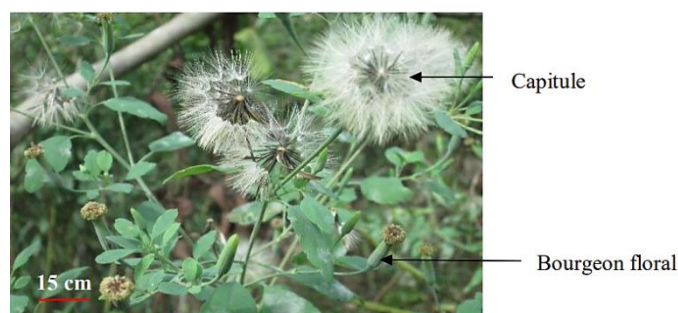


Fig. 3. Inflorescences (capitules) de *Porophyllum rudérale* (Jacq.) Cass. (Kpla, 2016)

Le nombre d'akènes par capitule a été dénombré pour cent (100) capitules, puis la moyenne a été calculée (Sm) et multipliée par la somme des capitules produits par individu ($\sum c$) pour donner la production semencière de chaque individu (Ps) :

$$Ps = (\sum c) \times Sm \quad (3)$$

- *Richesse du sol en semences (RS)*

La richesse du sol en semences s'exprime en nombre de semences par mètre carré (S/m^2)

$$RS = \sum Pn / 2 \pi R^2 \quad (4)$$

$\sum Pn$: Somme des semences de l'adventice considérée dans un échantillon ; R : rayon de la tarière (2.10^{-2} m)

Eu-égard à la faiblesse de la taille de l'échantillon (< 30), la normalité de distribution des données ne peut être étudiée. Par conséquent le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis et Mann Whitney a servi pour analyser les données du stock semencier avec XLSat version 2014, Une analyse en composantes principales (ACP) a permis de représenter graphiquement la relation entre ces deux paramètres.

3 RÉSULTATS

3.1 CAPACITE DE GERMINATION DE POROPHYLLUM RUDERALE

La capacité de germination a été évaluée à travers le taux de germination (Tableau 1). Le nombre d’individus germés, la vitesse de germination et le taux de germination ont montré une baisse constante pendant les six semaines d’observation (Tableau 1, Figures 4 & 5). Près de 79% des individus ont germé au bout de quatre semaines, avec le nombre d’individus germés au-dessous de la moyenne hebdomadaire uniquement dans la première semaine et sensiblement égale à la moyenne à la deuxième semaine (Tableau 1). L’écart-type du nombre d’individus germés entre la première et la sixième semaine est largement supérieur au nombre moyen d’individus germés par semaine (Tableau 1). La vitesse et le taux de germination ont montré des valeurs respectives supérieures à leurs moyennes pendant la première semaine, sensiblement égales à ces moyennes pendant la deuxième semaine et largement inférieures à elles à partir de la troisième semaine (Tableau 1, Figures 4 & 5).

Tableau 1. Taux de germination de *Porophyllum ruderale* pendant six semaines

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

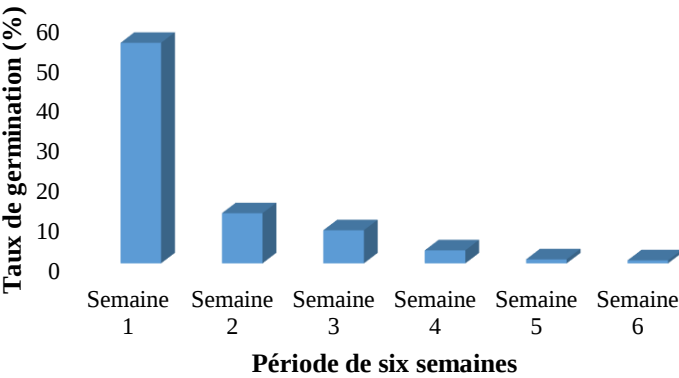


Fig. 4. Taux de germination de *Porophyllum ruderale* pendant six semaines

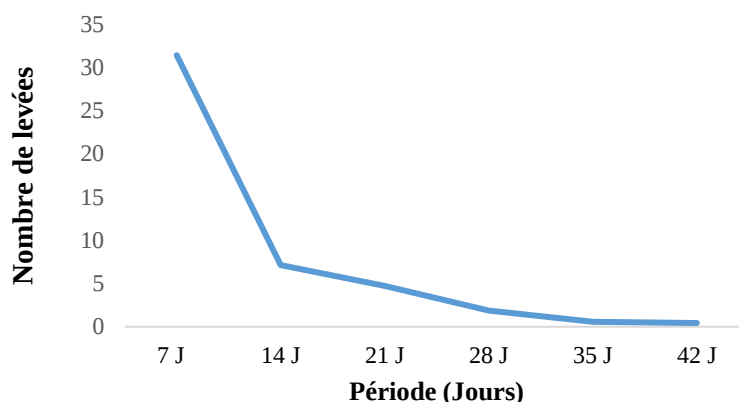


Fig. 5. Évolution de la vitesse de germination pendant six semaines

3.2 PHÉNOLOGIE

La durée moyenne de la phase de germination de *Porophyllum ruderale* est comprise entre 3 à 7 jours pendant que la phase de développement végétatif dure de 60 à 75 jours après la levée (Tableau 2). Le stade de floraison commence à partir du 61^{ème} jusqu'au 76^{ème} jour, suivi du début de la phase de dispersion 7 à 15 jours pour les premiers bourgeons formés. Le cycle de vie de l'adventice s'étend généralement sur 180 jours, soit 6 mois (environ 2 mois de phase végétative et 4 mois de phase de dissémination), puis survient la sénescence (Tableau 2). Cette dernière phase se produit aussi bien en saison pluvieuse que sèche. Plus de la moitié du cycle de vie de l'adventice est consacrée à la production de capitules qui à maturité deviennent plumeuses libérant les akènes.

Tableau 2. Durées des différentes phases phénologiques de *Porophyllum ruderale*

Durée (semaines)	1	2	3	4	5	6	Total	Moyenne	Écart-type
Paramètres									
Nombre d'individus germés	220	270 (+50)	303 (+33)	316 (+13)	320 (+4)	323 (+3)	323	53,83	83,42
Vitesse de germination	31,43	7,14	4,71	1,86	0,57	0,43	46,14	7,69	11,92
Taux de germination (%)	55	12,5	8,25	3,25	1,00	0,75	80,75	13,46	20,86

3.3 PRODUCTION SEMENCIÈRE DE POROPHYLLUM RUDERALE

Le dénombrement des akènes a montré une production minimale de 8 549 et une maximale de 113 046 semences/individu. La production semencière moyenne s'élève à 68 931,4±34 419,8 semences/individu (Tableau 3). La production moyenne des inflorescences (capitules) est de 814,13± 393,94. Cette dernière varie de 106 à 1362 capitules/individu. La valeur moyenne des akènes/capitule s'élève à 83 ± 5,16 avec un minimum de 68 et un maximum de 90. La taille moyenne des individus de *P. ruderale* était de 288±61,8 cm comprise entre le plus petit individu mesurant 165 cm et le plus grand estimé à 376 cm (Tableau 3).

Tableau 3. Taille maximale et la production semencière des individus de *Porophyllum ruderale*

Phases phénologiques	Durées (jours)
Germination	3 à 7
Développement végétatif	60 à 75 après la levée
Floraison	61 ^{ème} jusqu'à la sénescence
Fructification et dissémination	7 à 10 après formation des premiers bourgeons jusqu'à la sénescence
Durée du cycle de vie	Environ 180

La taille des individus *P. ruderale* a montré une forte corrélation positive avec leur production de semences (Figure 6). L'analyse du test statistique montre que l'axe F1 regroupe plus de 99% des informations. Les vecteurs de la hauteur et de la production semencière sont représentés par des angles aigus et sont de valeurs positives selon l'axe F1.

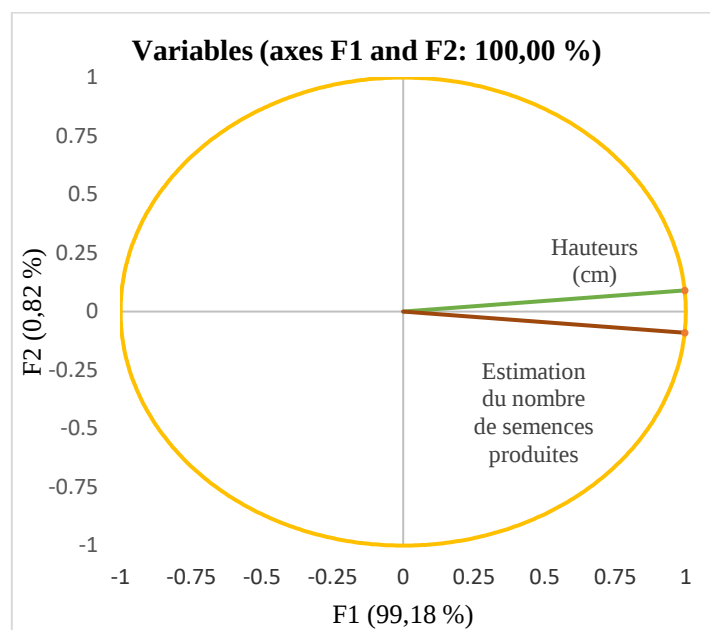


Fig. 6. ACP de la corrélation entre la taille des individus *P. ruderale* et leurs productions de semencières

3.4 IMPACTS DU SARCLAGE SUR LA GERMINATION

La densité moyenne d'akènes germés avant le sarclage était de $304,31 \pm 299,34$ individus/m². Après le premier sarclage, elle est passée à $188,65 \pm 153,12$ individus/m². Le test Kruskal-Wallis et Mann Whitney n'a révélé aucune différence ($p = 0,36$) entre les moyennes de la densité d'akènes germés avant et après premier sarclage. Les densités moyennes d'akènes germés du lot 2 avant, après les deux sarclages successifs sont respectivement de $179 \pm 169,82$; $177,20 \pm 72,40$ et $211,20 \pm 125,20$ individus/m² (Tableau 4). Le test de Kruskal-Wallis n'a révélé aucune différence ($p = 0,55$) entre les moyennes de la densité d'akènes germés avant et après les deux sarclages successifs. Les opérations de sarclages n'ont pu empêcher ni réduire la germination de *P. ruderale*, mais constituent plutôt un atout pour celle-ci, car elles activent le stock semencier. Il s'en suit une germination en masse de cette adventice.

Tableau 4. Densités de semences de *P. ruderale* germées en fonction des sarclages

Individus	Taille (cm)	Nombre de capitules	Nombre d'akènes	Moyenne akènes/capitule
P1	180	222	15 112	68
P2	267	564	45 677	81
P3	250	591	40 234	68
P4	310	1000	85 002	85
P5	340	1266	100 022	79
P6	323	1163	95 432	82
P7	312	970	85 325	88
P8	165	106	8 549	80
P9	305	900	75 675	84
P10	355	1089	98 023	90
P11	320	1037	92 331	89
P12	329	1054	88 600	84
P13	198	225	15 534	69
P14	258	488	40 524	83
P15	335	1218	99 876	82
P16	353	1200	106 865	89
P17	265	599	46 786	78
P18	376	1362	113 046	83
P19	325	988	85 965	87

P20	345	1235	104 987	85
P21	296	969	80 454	83
P22	315	1098	88 954	81
P23	170	150	12 045	80
P24	205	252	20 688	82
P25	215	362	30 765	85
P26	336	1036	91 239	88
P27	360	1261	112 245	89
P28	348	1202	101 000	84
P29	233	410	36 554	89
P30	275	615	50 433	82
Total	-	24424	2 067 942	2498
Moyenne	288,80	814,13	68 931,40	83,26
Ecart-type	61,80	393,94	34 419,75	5,16

Avec; ddl -degré de liberté, p - valeur de la probabilité

Les moyennes qui ne portent pas les mêmes lettres sont significativement différentes au seuil alpha (α) = 0,05 (Kruskal-Wallis)

3.5 RICHESSE DES SOLS EN SEMENCES

Le dénombrement des graines contenues dans les carottes après le premier sarclage s'élevait à $177,20 \pm 72,40$ graines. Il était de $211,20 \pm 125,20$ graines après le deuxième sarclage (Tableau 5). Le test Mann Whitney pour le dénombrement des semences de cette adventice dans les échantillons de sol les sarclages successifs n'ont montré aucune différence ($p = 0,43$). La valeur moyenne de la richesse du sol (RS) en semences de *Porophyllum ruderale* est de 4514 graines/m² après le premier sarclage et de 5381 graines/m² après le deuxième sarclage.

Tableau 5. Stocks semenciers de *Porophyllum ruderale* après les sarclages

Parcelles	Densités de plantules levées (individus/m ²)					
	Avant sarclage		Après premier sarclage		Après deuxième sarclage	
	Lot 1	Lot 2	Lot1	Lot 2	Lot1	Lot 2
P1	812	1012	656	102		112
P2	425	525	72	155		64
P3	327	53	29	236		272
P4	423	49	367	145		212
P5	1050	74	63	129		323
P6	412	336	197	134		465
P7	89	212	58	352		187
P8	60	45	38	182		72
P9	255	265	116	197		136
P10	118	52	405	140		269
Moyenne +écart-type	304,31 ± 299,34a		188,65 ± 153,12 a			
p	0,36					
Moyenne +écart-type	-	179±169,82a	177,2±72,40a		211,20±125,20a	
ddl	2					
p	0,55					

Avec, p- valeur de la probabilité: les moyennes qui ne portent pas les mêmes lettres sont significativement différentes au seuil alpha (α) = 0,05 (Mann Whitney)

4 DISCUSSION

Le taux de germination de *P. ruderale* évalué dans la zone d'Adzopé est remarquable avec plus de 55 % de levées en une semaine, puis cette proportion diminue au fur et à mesure que le temps augmente. C'est également une adventice qui possède une bonne capacité de levées avec plus de 80% et ce milieu forestier (climat et végétation) est propice à sa colonisation. En Amérique latine, la référence [12] avait obtenu un taux de 80% de levées en condition contrôlée. Dans les mêmes conditions la référence [22] a observé un

taux de 98%. En milieu naturel, la référence [15] obtient un taux de 82 % de levées de *Porophyllum ruderale*. Les semences (akènes) de cette adventice sont légères et germent facilement en contact du sol. Les travaux de la référence [23] ont montré une capacité germinative de plus de 80% lorsque les graines sont déposées à la surface du sol. Grâce à ce potentiel, cette dernière prolifère rapidement dans les zones favorables. Cette aptitude à lever en masse est supérieure à d'autres adventices considérées comme des fléaux notamment *Chromolaena odorata* avec 30% [9] et *Tithonia diversifolia* également avec 30% [11].

La production semencière est un atout pour *Porophyllum ruderale*. Celle-ci présente une moyenne de 68 931,40±34 419,74 graines/individu avec 83 ± 5,16 akènes/capitule. Ces résultats diffèrent de ceux obtenus par la référence [12] qui ont déterminé une production semencière moyenne de *Porophyllum ruderale* s'élevant à 2 510 graines/individu avec une moyenne de 53 akènes/capitule. La production semencière moyenne de *Porophyllum ruderale* est également supérieure à celle de *Chromolaena odorata* avec 45 145 graines/individu [9] et *Tithonia diversifolia* pour 50 000 graines/individu [11].

La taille moyenne des individus de *Porophyllum ruderale* dans cette région s'élève à 288±61,776 cm soit 2m 88. Par contre, les références [14, 24, 25] ont estimé une taille comprise entre 60 à 160 cm (1m 60) des individus se développant en Amérique latine. Les résultats ont également montré que cette production semencière augmente avec la taille. De même, la référence [12] a indiqué que plus la phytomasse et la taille de *Porophyllum ruderale* sont développées, plus la production de semences est élevée. Ainsi, *Porophyllum ruderale* a déployé une remarquable adaptation dans nos régions forestières avec une quantité de semences plus importante et une taille plus élevée que celle évoluant en zone latine.

Le potentiel et le prolongement de l'infestation sont favorisés par un stock semencier élevé. L'évolution de ce facteur dans les parcelles d'essais s'élève de 4 514 graines/m² (après le premier sarclage) à 5 381 graines/m² (après le deuxième sarclage). Ce qui s'explique par le fait qu'après la première génération, les individus ont libéré de nouvelles semences augmentant le stock semencier. Les opérations de sarclages n'ont aucun effet sur la banque de semence. Le stock semencier de *Porophyllum ruderale* reste non négligeable. Des études menées par la référence [1] sur l'évaluation du stock semencier d'*Euphorbia heterophylla* a obtenu 4 650 graines/m² et celles de la référence [26] sur *Croton hirtus* s'élève à 7 453 graines/m².

5 CONCLUSION

L'étude des caractères biologiques de *Porophyllum ruderale* a contribué d'identifier les principales stratégies de colonisation de l'espèce. L'adventice détient une capacité de germination remarquable en milieu naturel. Elle possède l'avantage de produire une quantité importante de semences (graines) capable de se dispersées rapidement et de coloniser les milieux ouverts comme les agrosystèmes. Plus de la moitié du cycle biologique de *Porophyllum ruderale* est consacré à la fructification et la dissémination des semences. La taille des individus est doublement plus élevée que celle évoluant en Amérique latine et cette dernière conditionne la production semencière. Un autre facteur favorisant l'installation de *Porophyllum ruderale* est son potentiel semencier considérable. Eu égard des caractéristiques biologiques de *Porophyllum ruderale*, cette dernière s'est adaptée aisément à son nouveau milieu et a rapidement développé des stratégies d'invasion exceptionnelles au point où elle est devenue une adventice envahissante dans cette région de la Mé.

REFERENCES

- [1] Ipou Ipou, J., (2005) Biologie et écologie de *Euphorbia heterophylla* L. (Euphorbiaceae) en culture cotonnière, au Nord de la Côte d'Ivoire: Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody, Abidjan, 195 p.
- [2] Akobundu, I. O., (1996) Principles and prospects for integrated weed management in developing countries. Second International Weed Control Congress, Copenhagen, Danemark, 2: 591 - 600.
- [3] Basu, C., Halfhill, D. M., Mueller, C. T., et Stewart, J. N. C., (2004) Weed genomics: new Tools to understand weed biology. Trends in Plant Science, 9: 391-398.
- [4] Doré, T., Lebail, M., Martin, P., Ney, B. et Roger-estrate, J., (2006) L'agronomie aujourd'hui. Versailles: Présentation sur le site des éditions Quae, 367 p.
- [5] Merlier, H. et Montégut, J., (1982) Adventices tropicales flore aux stades plantule et adultes de 123 espèces africaines ou pantropicales, Ministère des Relations extérieures Coopérations et Développement (ORSTOM-GERDAT-ENSH ED), Montpellier (France), 490 p.
- [6] UICN, (2000) Lignes directrices de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) pour la prévention de la perte de la diversité biologique causée par les espèces exotiques envahissantes. Commission de sauvegarde des espèces, 25 p.
- [7] Traoré, K., Ballo, B., Pene, C. B. et Ake, S., (2007) Caractérisation de la flore adventice hypogée dans des agro-écosystèmes du palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) en basse Côte d'Ivoire: cas de La Mé et de Dabou, *Agronomie Africaine* Vol. 19 (3): pp. 289-299.

- [8] De Foresta, H., (1995) Systèmes de culture, adventices envahissantes, fertilité du milieu et stratégies paysannes sous les tropiques humides: le cas de *Chromolaena odorata*. Fonds documentaire ORSTOM, thème II: Système de culture et objectifs paysans, le rôle de la jachère. CIRAD Actes du séminaire, Montpellier, France, pp. 236-244.
- [9] Aboh B. A., Houinato M., Oumorou M., et Sinsin B., (2008) Capacités envahissantes de deux espèces exotiques, *Chromolaena odorata* (Asteraceae) et *Hyptis suaveolens* (Lamiaceae), en relation avec l'exploitation des terres de la région de Bétécoucou (Bénin), *Belgian Journal Of Botany*, vol. 141, no. 2, pp. 125-140.
- [10] Touré A., Adou, L. M. D., Kouamé, F. K. et Ipou Ipou, J., (2016) Dynamique d'infestation de la forêt classée de Sanaïmbo par les adventices à partir des agroécosystèmes environnants; *Tropicultura* 34 (4).
- [11] Ipou Ipou, J., Touré, A., Adou, M. L., Kouamé, K. F. et Gué A., (2011) Une nouvelle espèce invasive des agrosystèmes dans le sud de la Côte d'Ivoire: *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A.Gray (Asteraceae). *Afrique Journal Food Science Technologie*. 1: 146–150.
- [12] De Marinis, G., Lepos, A., Friebolin, L. P. et Ram, M., (1980) Capacité de reproduction de *Porophyllum ruderale* (Jacq.) Cass. Institut de Biosciences, University Cet-double Paulista, science des Langues de São José do Rio Preto (nouveau nom: Institut de Biosciences, Arts et Sciences Exactes, UNESP). *Plant adventices III* (1): 55-57.
- [13] Kissmam, K. G. et Groth, D., (1999) Plantas infestantes e nocivas. Tomo II. 2. ed. São Paulo: Basf, 420 p.; 414-417 e 392-395.
- [14] Milan, P., Ayashi, A. H. et Appezzato-LA-Sol, L. B., (2006) Comparative leaf morphology and anatomy of three Asteraceae species. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, vol 49, No 1, pp 135-144.
- [15] Dogba, M., Malan, D. F., Neuba D. F. R. et Konan A. S., (2018) Biologie et écologie de *Porophyllum ruderale* (Jacq.) Cass., une Compositae nouvellement apparue en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, Vol.36, Issue 3: 5907-5918.
- [16] Kpla, C. F., Touré, A., Gué, A. et Ipou Ipou, J., (2018) Distribution d'une nouvelle adventice, *Porophyllum ruderale* (Asteraceae), des cultures de Côte d'Ivoire, *European Scientific Journal*, édition Vol.14, No.36 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.
- [17] Yapi, A. F., (2017) Adventices majeures et itinéraires techniques de désherbage des cultures vivrières de la région de la Mé, au sud-est de la Côte d'Ivoire: cas du bananier plantain et du manioc, Thèse de l'Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 179 p.
- [18] Hill, T. A., (1977) *The Biology of Weeds*. Studies in Biology n°79. Edward Arnold, UK. 64 p.
- [19] Péné, C. B. et Da, A., (2003) Variations inter-annuelles de la pluviométrie et de l'alimentation hydrique de la canne à sucre en Côte d'Ivoire, *Sécheresse* 14 (1): 43-52.
- [20] Le Bourgeois, T., (1993) Les mauvaises herbes dans la rotation cotonnière au Nord Cameroun (Afrique). Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II Sciences et Techniques du Languedoc, France, 249 p.
- [21] Dessaint, F., Chadoeuf, R. et Barralis, G., (1990) Etude de la dynamique d'une communauté adventice: influence à long terme des techniques culturales sur le potentiel semencier. *Weed reserach*, 30; pp. 297-306.
- [22] Yao, A. C., Ipou Ipou, J., Edson, L. B., Djédoux, M. A. et Koné, W. M., (2017) Caractérisation physiologique et évaluation du comportement germinatif de semences de *Rottboellia cochinchinensis*, *Euphorbia heterophylla*, et *Porophyllum ruderale*, trois adventices des rizières de Côte d'Ivoire, *European Scientific Journal*, édition vol.13, No.3 Issn: 1857 – 7881 (Print) e - Issn 1857- 7431.
- [23] Kpla, C. F., Touré, A., et Ipou Ipou, J., (2017) Germination Capacity of *Porophyllum ruderale* (Jacq.) Cass (Asteraceae) A Food Crop Weed in Côte d'Ivoire; *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, Vol. 6, No. 2, pp. 114-120.
- [24] Lorenzi, H., (2000) Les adventices au Brésil, 3ème Édition Nouveau Odessa: Plantarum Institut d'études des plantes, pp 176-182.
- [25] Fonseca, M. C. M., (2001) Croissance, composition des niveaux d'huiles essentielles et de tanin dans *Porophyllum ruderale* (Jacq.) Cass. Masters Université fédérale de Viçosa, 68 p.
- [26] Gué, A., (2016) Caractéristiques biologiques de quelques principaux adventices des cultures vivrières du centre-ouest de la Côte d'Ivoire, Thèse de l'Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 219 p.

Collection du fond documentaire de la Bibliothèque de l'Institut Supérieur des Techniques Médicale de Bunia: Rapport de collection

[Collection of the documentary fund of the Library of the Higher Institute of Medical Techniques of Bunia: Collection report]

NGONE DZ'BA Innocent¹, MAKI TSEDHA Christian², and LOBHO ERIC Samuel²

¹Institut Supérieure des Techniques Médicales de Bunia (ISTM BUNIA), Ituri, Bunia, RD Congo

²Institut Supérieur Pédagogique de Bunia (ISP BUNIA), Iouri, Bunia, RD Congo

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

ABSTRACT: This study is part of the analytical collection report with the objective of presenting the ISM/Bunia Library and its documentary collections. To have a topographical overview of this library and the collection of its documentary content, four technical aspects were retained, namely the number of works, classification, age of the collection and language of publication. The collection and presentation of the related data was made possible thanks to the registration and topographical registers established taking into account certain requirements of decimal classification.

After analyzing the summary of this report on its geographical area and the collection of documentary resources, it is essential that the program of the said structure be reinforced to the international standard of a modern library with all the classic compartmentalized services; followed by the increase in the collection of its documentary resources in compliance with UNESCO standards; finally, that it strives to acquire the most recent collections of class 600-699 linked to organized training.

KEYWORDS: collection, documentary background, library.

RESUME: La présente étude s'inscrit dans le cadre de rapport de collection analytique avec l'objectif de présenter la Bibliothèque de l'ISM/Bunia et ses collections documentaire. Pour avoir un l'aperçu topographique de cette bibliothèque et la collection de son fond documentaire, quatre aspects techniques ont été retenus, à savoir le nombre d'ouvrage, la classification, l'âge de la collection et langue d'édition.

La récolte et la présentation des données y afférentes ont été rendues possibles grâce aux registres d'enregistrement et topographique établis en tenant compte de certaines exigences de la classification décimale.

Après avoir analysé le condensé du présent rapport sur sa circonscription géographique et la collection du fond documentaire, Il est indispensable que le programme de ladite structure soient renforcé au standard international d'une bibliothèque moderne avec tous les services compartimentés classiques; suivie de l'accroissement de la collection de son fond documentaire en respectent la norme de l'UNESCO; enfin, qu'elle s'efforce d'acquérir les collections le plus récentes de la classe 600-699 liées à la formation organisé.

MOTS-CLEFS: collection, fond documentaire, bibliothèque.

1 INTRODUCTION

Dans les pays africains où prédomine la tradition orale, l'histoire se transmet de génération en génération et, cela, de bouche à l'oreille. Réunis autour du feu, les grands parents racontent à leurs descendants l'histoire de leurs clans, tribus, et de fois des établissements, etc. Cette pratique a beaucoup d'inconvénients. Assez souvent, l'histoire se déforme du fait de l'oubli qui caractérise la mémoire humaine. Aussi, l'âge, les maladies ou d'autres événements peuvent-ils avoir un impact négatif sur la capacité de l'homme de se souvenir de tout ce qui lui a été raconté par ses aînés et ancêtres ou les responsables des organisations aux successeurs, nous renseigne les archives et la société (MOMFO, 2019).

Il n'est pas rare de trouver dans des poubelles des précieux documents pouvant servir à la prise d'importantes décisions sur l'avenir d'un peuple, d'une entreprise ou même d'un pays. Quelques-uns de ces documents sont jetés soit intentionnellement pour faire disparaître des preuves, soit pour nuire à certains bénéficiaires. D'autres individus encore plus malins, les font disparaître afin de réécrire, en leur faveur, l'histoire de l'antiquité. La situation devient plus dramatique si le supposé « bibliothèque vivante » brule ou disparaît, c'est-à-dire si le détenteur de la tradition meurt avant d'avoir tout transmis aux descendants de sa famille, de son organisation, etc. dans ce cas, seuls les descendants à ses côtés pourraient avoir eu le privilège d'être informé superficiellement ou d'apprendre, si minime soit-elle, l'histoire de leur famille ou organisation.

Ainsi, comme la vie et les institutions restent, la vie académique d'une Institution Supérieure ou Universitaire se mesure par la production des études scientifiques de qualité et de haut niveau. Cette production implique aussi bien le personnel académique, scientifique que les étudiants étant tous engagés comme des passagers libres dans les bibliothèques. Dans cet ordre, les autorités académiques, qui sont attentives à la mission d'un Institut Supérieur ou d'une université, encouragent et favorisent la recherche pour des plus amples rayonnements académiques dans le monde savant, car « *La valeur de la recherche se manifeste le plus clairement à travers les publications scientifiques* », (PLEVOETS, 1985), cité par BURA DHENGO (2019).

Dans ce contexte, BURA DHENGO (2019) rappelle que la valorisation croissante de la culture scientifique et la professionnalisation des filières de formation ont concouru à une mise en retrait progressive de la place accordée au livre se trouvant dans les bibliothèques universitaires au monde étudiant. Cependant, les situations sont très variées, et « l'étudiant moyen » n'existe pas davantage pour les loisirs et la consommation culturelle que pour les autres aspects des conditions de vie. La possession d'ouvrages est un bon indicateur du rapport que l'étudiant entretient avec la lecture et de l'investissement qu'il y consacre. De 1997 à 2006, la proportion d'étudiants possédant plus de cent livres dans leur bibliothèque personnelle est passée de 29,9 % à 25,3 %, et ceux qui en ont moins de dix ont vu leur part augmenter de 7,1% à 12,9 %. Dans le même temps, la proportion d'étudiants dont les parents possèdent une bibliothèque d'au moins cinquante livres est restée stable (autour de 75 %). L'amoindrissement du nombre de livres possédés par les étudiants ne traduirait donc pas une baisse de l'héritage culturel, mais refléterait plutôt une différence intergénérationnelle accrue des comportements en matière de recherche documentaire ou d'information et de loisirs.

En République Démocratique du Congo, le recul de la place du livre touche tous les étudiants, quelle que soit leur origine sociale. Il n'apparaît donc pas comme une conséquence directe de la massification de l'enseignement supérieur, qui est de toute manière antérieure à la période d'observation ici retenue. En province de l'ITURI, la première modalité d'accès au livre dans le monde étudiant et enseignant chercheur est l'achat (10 %), puis vient, l'abonnement et l'emprunt en bibliothèque (68,9 %), à des amis (14,3 %) ou à des parents (6,8 %). Ici aussi, l'effet intrinsèque de la filière d'études ainsi que l'origine sociale des étudiants sont des facteurs déterminants.

L'emprunt en bibliothèque est aussi lié à la qualité de son fond documentaire et à l'origine sociale de l'étudiant, puisque ceux dont les parents appartiennent aux classes supérieures sont dans l'ordre de 35,6 % à s'abonner fréquemment à la bibliothèque digne et riche avec les ressources, alors que ceux dont les parents sont membres des classes populaires, et donc moins dotés en matière de livres et représentent 40,9 % à le faire. Cette réalité ne s'éloigne pas aux vécus de l'Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bunia (ISM/BUNIA).

En effet, l'ISTM/BUNIA a ouvert ses portes l'année académique 2004-2005 au sein de Centre Universitaire Extension de Bunia, en sigle CUEB, sur la demande de la population de l'ITURI, particulièrement de la Cité de Bunia et ses environs suite au déplacement de sites de l'ITM/NYAKUNDE à BENI (Nord Kivu) et l'ISP/BUNIA à ARU. Elle fut créée par le Gouverneur de la Province Orientale et le Recteur du CUEB comme un ISTM/CUEB qui fonctionnera au sein de la faculté de médecine du CUEB jusque 2009-2010.

En 2010-2011, cet ISTM/CUEB, par la volonté de son Excellence Monsieur le Ministre de l'Enseignement Supérieur Universitaire est devenu ISTM/BUNIA comme une Institution Supérieure Publique autonome par l'Arrêté Ministériel N°208/MINESU/CABMIN/ML/CB/RB/2010 du 29/11/2011. Elle fonctionne provisoirement au Laboratoire Médicale de Référence de l'ITURI en attendant le finissage de la construction de ses bâtiments administratifs et auditoires sur son propre

terrain se trouvant à TCUNGA, dans la localité Tsere située environs à 6 kilomètres du centre-ville et 3 kilomètres de l'aéroport de Bunia.

Le présent rapport de collection analytique traite du fond documentaire de la bibliothèque de l'Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bunia et précisément de la collection des ouvrages. Quatre aspects techniques ont été retenus, à partir desquels a été présenté son contenu. Il s'agit du nombre d'ouvrages effectivement catalogués, de la classification, de l'âge de la collection et de la langue d'édition.

Ce rapport couvre la période s'étendant du 1^{er} janvier 2022 au 1^{er} Décembre 2023. C'est durant cette période que les ouvrages constituant la collection des ouvrages de cette bibliothèque ont été effectivement et pour la première fois enregistrés, dénombrés, catalogués et catégorisés conformément aux normes internationales en Bibliothéconomie.

Ainsi, après l'étape de catalogage, nous avons rangé les ouvrages sur les étagères par classes, divisions, sections et sous sections d'après la Classification décimale de Dewey. Ce qui nous a facilité la récolte des données sur lesquelles a porté ce rapport et d'avoir, de ce fait, un aperçu général du fond documentaire de la bibliothèque.

Pour rappel, le Dictionnaire définit le rapport comme étant un exposé oral ou écrit dans lequel l'on relate ce qu'on a vécu ou entendu; tandis qu'en Bibliothéconomie, la collection est un ensemble de publications présentant une unité bien définie.

Ainsi donc, le rapport sur la collection est une étude descriptive qui porte sur un fond documentaire ayant une unité définie. Hormis l'introduction et la conclusion, le présent rapport est subdivisé en deux principaux points ci-après:

- La présentation de la Bibliothèque de l'ISM/Bunia et ;
- La description de la collection du fond documentaire de la Bibliothèque de l'ISTM/Bunia.

L'originalité de cet ouvrage repose sur le fait qu'il constitue un véritable travail de la collection d'analyse documentaire, qui veut atteindre les objectifs suivants:

- Présenter la Bibliothèque de l'ISM/Bunia à tous les chercheurs ;
- Informer les chercheurs sur la collection du fond documentaire de la Bibliothèque de l'ISTM/Bunia.

2 DE LA PRESENTATION DE LA BIBLIOTHEQUE DE L' DE L'INSTITUT SUPERIEUR DES TECHNIQUES MEDICALE DE BUNIA

2.1 HISTORIQUE

La Bibliothèque de l'ISTM/Bunia a vu timidement le jour en 2014, trois ans après la création de cette institution autonome par l'Arrêté Ministériel N°208/MINESU/CABMIN/ML/CB/RB/2010 du 29/11/2011. Elle était installée dans l'un des locaux de Laboratoire Médicale de Référence de l'ITURI confié provisoirement à l'ISTM/Bunia. Dans cette même salle de quatre mètres carrés, on retrouvait la fusion de service prêt, de la lecture, ainsi que la section d'enseignement de l'université.

En outre, elle ne disposait d'aucune norme requise de Bibliothèque et était dirigée successivement par les membres du personnel Administratif et Scientifique sans base en Bibliothéconomie jusqu'en 2016. Elle fonctionnait enfin de manière diffuse avec une collection du fond documentaire constituée avant 1995 d'un petit nombre d'ouvrage, revus et quelques brochures acquis par don et achat. A ceux-ci se sont ajoutés successivement, certains travaux de fin de cycle des lauréats de la première promotion de l'ISTM/CUEB, ainsi de suite jusqu'à nos jours.

Il sied de préciser par ailleurs que, dans son évolution, quelques facteurs ci-après ont contribué à son expansion et à sa délocalisation en 2018 de ces installations de Laboratoire de Référence de Bunia situées à proximité de l'Hôpital Général de Référence de l'ITURI à Bunia, au Quartier BIGO, avenue plateau Médicale jusqu'au 06 décembre 2018. Depuis l'année académique 2018-2019, elle fonctionne dans ses propres installations au site dénommé « Campus KALODHI » situées à 6 km à l'Ouest du Centre-ville de Bunia, à Tchunga dans le Groupement Tsere.

- Demande faite à l'ISTM/Bunia par la Division provinciale de Santé de libérer progressivement quelques installations de Laboratoire de Référence de l'ITURI à Bunia ;
- L'achèvement en 2017 des travaux de construction de son bâtiment administratif destiné à abriter cinq bureaux ainsi que provisoirement la bibliothèque et deuxième bâtiment des trois auditorios ;
- L'acquisition d'un lot important d'ouvrage en 2019 et 2020 par don et achat sur fond propre. Ce qui a motivé le Comité de gestion de doter cette bibliothèque d'un local adéquat qui servira de socle de l'enseignement et de la recherche, et de répondre ainsi à l'une des conditions exigés par le Ministère de tutelle pour la viabilité d'un Etablissement de l'Enseignement Supérieur et Universitaire.

C'est finalement en 2022 que cette bibliothèque a été réellement fonctionnelle et a pris une configuration répondant aux normes minimales de la bibliothèque universitaire.

2.2 PRÉSENTATION GÉOGRAPHIQUE

La Bibliothèque de l'ISTM/Bunia fonctionne au campus KALODHI, dans son propre bâtiment dénommé « BIBLIOTHEQUE Dr. AMUDA BABA Dieu-Merci », se trouvant au premier niveau de bâtiment 5, avec deux locaux dont l'un abrite la salle de lecture qui communique avec d'autres services en miniature, comme celui de catalogage, celui d'analyse et dépouillement, celui de référence et circulation des ouvrages, le magasin des livres, le service de contrôle.

La première salle de lecture à une superficie de 40 m² soit une largeur de 5 m sur 8 m de longueur disposa 3 climatiseurs, de 8 tables de lectures et 8 bacs d'assises pour 5 places et la seconde à une superficie de 45,5 m² soit une largeur de 3,5 m sur 13 m de longueur avec les différents services.

En outre, elle a 1 armoire et 5 étagères sur lesquelles est classé son fond documentaire comprenant les ouvrages, les brochures, les mémoires, les travaux de fin de cycle, les titres des périodiques ainsi que l'unique thèse de Doctorat d'un seul membre de son personnel académique, à qui le nom de la bibliothèque est immortalisé.

Elle dispose enfin, des issues pour l'aération formées d'une seule porte d'entrée pour la salle de lecture et une encore pour les différents services, respectivement 3 fenêtres local, 3 ampoules à la chacune sous le courant électrique et sous le panneau solaire.

3 DESCRIPTION DE LA COLLECTION DE LA BIBLIOTHEQUE DE L'ISTM/BUNIA

La description de la collection des ouvrages de cette bibliothèque est faite sur base des aspects technique ci-après tels que retenus et évoqués ci-haut:

3.1 LE NOMBRE D'OUVRAGES

La bibliothèque de l'ISTM/Bunia compte au total 428 ouvrages, mis à part les brochures de moins de 50 pages qui, en principe, ne sont pas catalogués. Il y a lieu de préciser par ailleurs qu'à la période durant laquelle ce rapport a été réalisé, lesquelles a couvert deux années académiques, les effectifs des étudiants régulièrement inscrits étaient respectivement de 954 (2022-2023) et 1. 200 (2023-2024). S'il faut ajouter à la moyenne de ces effectifs de ces deux années académiques, 64 membres de son personnel académique, scientifique, administratif, technique et ouvrier, cela donnerait 1141 usagers potentiels.

Ainsi, ce nombre 1141 multiplié par 70 ouvrages, on aurait un total de 79.870 ouvrages. C'est ce dernier nombre d'ouvrages que devrait normalement avoir cette bibliothèque conformément aux normes internationales définies pour une bibliothèque moderne par l'UNESCO (1997). A la lumière de ce qui précède, l'on note que cette bibliothèque accuse un déficit de 97. 442 ouvrages, soit 99,46%.

3.2 LA CLASSIFICATION

La classification est une action de distribuer par classe, par catégories, résultat de cette action. En bibliothéconomie, elle est une structure qui permet de rassembler les informations en un nombre de catégories en partant du plus général au plus particulier.

La classification Décimale de Dewey nous a servi de document privilégié pour catégoriser les différents ouvrages constituant le fond documentaire de ladite bibliothèque. Elle est, de ce fait, répartie en 10 classes principales, chacune d'elles en 10 divisions, chaque division en 10 sections et chaque section enfin en 10 sous sections.

Le tableau ci-contre présente la collection des ouvrages d'après la classification retenue sous examen.

Tableau 1. Nombre d'ouvrages réellement catalogués

Classes	Fréquences	Pourcentage
000-099 : Généralité	2	0,46
100-199 : Philosophie et psychologie	4	0,93
200-399 : Religion	0	0
300-399 : Sciences sociales	21	4,9
400-499 : Linguistique	6	1,4
500-599 : Sciences pures	16	3,73
600-699 : Techniques et Sciences appliquées	375	87,61
700-799 : Beaux-arts	0	0
800-899 : Littérature	4	0,93
900-999 : Géographie et Histoire	0	0
Total	428	100

Il ressort du tableau ci-haut que la collection de cette bibliothèque donne en majorité la topographie de 375 ouvrages soit (87,61%) de classes 600-699. Cette tendance s'expliquerait par la filière d'étude technique qui y est organisée.

Au regard de tout ce qui précède, la classe 600-699 possédant de loin un nombre supérieur aux autres classes mises en ensemble dans cette bibliothèque, 375 soit 87,61% contre 53 soit 12,39%; aussi, au-delà de normes internationales requises par l'UNESCO qui fixent 70 ouvrages par étudiant et en comparant le nombre d'ouvrages de la classe 600-699 au nombre total de la collection des ouvrages, il y a lieu de confirmer que cette bibliothèque regorge en son sein un nombre important d'ouvrages de la classe 600 qui répond de manière générale aux besoins de l'enseignement et de la recherche à l'ISTM/Bunia.

Tableau 2. Division de la classe 600-699

Divisions	Fréquences	Pourcentage
600-609	0	0
610-619	372	99,20
620-629	0	0
630-639	0	0
640-649	0	0
650-659	3	0,8
660-669	0	0
670-679	0	0
680-689	0	0
690-699	0	0
TOTAL	375	100

De tableau n° 2, il ressort que la plupart (99,20%) des ouvrages qui constituent la collection des ouvrages de cette bibliothèque est de la Division 610-619 contre seulement (0,8%) correspondant à la Division 650-659. Ce qui rejoint les données précédentes en spécifiant dans la division 610-619, on retrouve diverses domaines et spécialités des sciences de santé faisant partie de programmes des cours qu'organise l'ISTM/Bunia.

L'âge de la collection n'est autre que l'année d'Edition des ouvrages qui en font partie. Pour le déterminer, nous avons eu à considérer soit les années de copyright, soit du dépôt légal ou encore celle de l'achevé d'imprimer. C'est ainsi que se sont dégagés deux groupes d'ouvrages dont l'un ayant l'âge le plu ancien et l'autre celui le plus récent.

A cet effet, deux années extrêmes ont émarginé à savoir 1964 et 2015; ce qui a permis de constituer six tranches d'au moins dix ans pour catégoriser ces ouvrages d'après leurs classes respectives, dont voici -ci-dessous:

Tableau 3. L'âge de la collection

Classes Années	000-099	100-199	200-299	300-399	400-499	500-599	600-699	700-799	800-899	900-999	Total	%
1960 -1969	-	-	-			-	3	-	-	-	3	0,70
1970 -1979	-	-	-			1	3	-	-	-	4	0,93
1980 -1989	-	-	-			-	13	-	-	-	13	3,03
1990 -1999	-	-	-	1	1	-	19	-	-	-	21	4,90
2000 -2009	2	-	-	16	3	11	272	-	4	-	308	71,96
2010 -2019		4	-	4	2	4	65	-	-	-	79	18,45
Total Gen	2	4	-	21	6	16	375	-	4	-	428	100

Il résulte du tableau ci-haut que, la bibliothèque de l'ISTM/Bunia regorgent majoritairement des ouvrages édités entre l'année 200 à 2009 soit (71,96%). ce nous montre clairement qu'un grand nombre d'ouvrage collectionné dans cette bibliothèque est récent, mais le meilleur serait d'avoir le plus récent malgré l'avènement de la bibliothèque virtuel.

Tableau 4. Langue d'édition

Langue d'édition	Fréquence	Pourcentage
Français	419	97,89
Anglais	3	0,70
Espagnole	2	0,46
Bilingue (Français – Anglais)	4	0,93
Total	428	100

Il se dégage de ce tableau que 419 ouvrages ont comme la langue d'édition le français (97,89%), respectivement suivi de bilingue en français et l'anglais (0,70%), d'anglais (0,70%) et en langue espagnol (0,46%).

4 CONCLUSION

Tel qu'annoncé au début de cette œuvre, le présent rapport de collection a porté sur les ouvrages de la bibliothèque de l'ISTM/Bunia. Pour avoir un aperçu topographique de cette bibliothèque et la collection de son fond documentaire, quatre aspects techniques ont été retenus, à savoir le nombre d'ouvrage, la classification, l'âge de la collection et langue d'édition.

La récolte et la présentation des données y afférentes ont été rendues possibles grâce aux registres d'enregistrement et topographique établis en tenant compte de certaines exigences de la classification décimale.

Ce rapport a été subdivisé en deux points principaux précédés d'une introduction et bouclé par une conclusion. Après avoir analysé le condensé du présent rapport sur sa circonscription géographique et la collection du fond documentaire, les recommandations suivantes méritent d'être observées:

- Que l'ISTM/Bunia transforme sa bibliothèque au standard international d'une bibliothèque moderne avec tous les services compartimentés classiques;
- Que la Bibliothèque envisage l'accroissement de la collection de son fond documentaire en respectent la norme de l'UNESCO sus-évoquée ;
- Que la Bibliothèque s'efforce d'acquérir d'avantage les collections le plus récentes de la classe 600-699 liées à la formation qu'organise l'ISTM/Bunia et en bilingue (français et l'anglais), compte tenu de l'exigence de l'anglais devenu cours transversaux aux cursus académique et dans la recherche scientifique avec la mondialisation.

REFERENCES

- [1] BURA Dhengo François, (2019), *Les publications de l'ISP/BUNIA. 1968-2019*, Kampala, Ed. Honest.
- [2] Brothers Properties LTD, 170p.
- [3] MOMFO Mafuka Mimie, (2019), *Les archives et la société*. Commission permanente des études, Kinshasa, Ed. CPE, cpeesu@gmail.com, 84p.
- [4] UNESCO (1997), *Les recommandations sur les libertés académiques*, paris.

Impact de la variabilité pluviométrique sur quatre principales cultures pratiquées dans la région de la Bagoué, Côte d'Ivoire

[Impact of rainfall variability on four major crops in the Bagoué region, Côte d'Ivoire]

Wagnimè Diabate and Agoh Pauline Dibi-Anoh

Université Felix Houphouët-Boigny, Institut de Géographie Tropicale, Laboratoire d'étude et de recherche sur les Milieux Naturels Tropicaux (LAMINAT), Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The agricultural production plays an important role in food security. However, crop yields are influenced by climatic factors, particularly rainfall. The aim of this study was to assess the impact of rainfall variability on peanuts, maize, cotton and cashew nuts in the Bagoué region. Rainfall data, agricultural data and information from 300 households, including 100 in Boundiali, Kouto and Tengrela respectively, were collected. The results show that the annual production and surface area of these crops have gradually increased over the years. However, average annual groundnut and maize yields remain low, while cotton yields are consistently higher. Indeed, average annual groundnut yields remain low per hectare, at 0.0003, 0.0004 and 0.001 t/ha respectively from 1990 to 2000, from 2000 to 2010 and from 2010 to 2020. Maize yields were 0.001 t/ha from 1990 to 2000, 0.002 t/ha from 2000 to 2010 and 0.002 t/ha from 2010 to 2020. Cashew nut yields are 0.4 ± 0.11 t/ha from 1990 to 2000, 0.56 t/ha from 2000 to 2010, and 0.59 ± 0.01 t/ha from 2010 and 2020. In addition, cotton yields are higher, with values of 1.43 ± 0.44 t/ha, 1.49 t/ha and 1.95 t/ha respectively from 1990 to 2000, 2000 to 2010 and 2010 to 2020. The study reveals a negative correlation between rainfall and yields for all four crops, which suggests that the yields of cotton and cottonseed are higher.

KEYWORDS: agriculture, climatic factors, forecasts, food security, Bagoué.

RESUME: L'agriculture occupe une place importante dans la sécurité alimentaire. Cependant, le rendement des cultures est influencé par les facteurs climatiques notamment la pluviométrie. Ainsi, l'objectif de cette étude a été d'évaluer l'impact de la variabilité pluviométrique sur l'arachide, le maïs, coton et l'anacarde dans la région de la Bagoué. Les données pluviométriques, agricoles et des informations auprès de 300 ménages, dont 100 dans respectivement à Boundiali, Kouto et Tengrela ont été recueillies. Les résultats montrent que la production annuelle et la superficie de ces cultures ont augmenté progressivement au fil des ans. Cependant, les rendements annuels moyens des arachides et du maïs restent faibles, tandis que les rendements du coton sont toujours plus élevés. En effet, les rendements moyens annuels de l'arachide restent faibles à l'hectare avec des valeurs respectives de 0,0003, 0,0004 et 0,001 t/ha de 1990 à 2000, de 2000 à 2010 et de 2010 à 2020. Pour le maïs, les rendements sont 0,001 t/ha de 1990 à 2000, 0,002 t/ha de 2000 à 2010 et de 0,002 t/ha de 2010 et 2020. Ceux de l'anacarde est de $0,4 \pm 0,11$ t/ha de 1990 à 2000, de 0,56 t/ha de 2000 à 2010, puis de $0,59 \pm 0,01$ t/ha de 2010 et 2020. En outre, ceux du coton sont plus élevés avec des valeurs respectives de $1,43 \pm 0,44$ t/ha, de 1,49 t/ha et de 1,95 t/ha de 1990 à 2000, de 2000 à 2010 et 2010 à 2020. L'étude révèle une corrélation négative entre les pluies et les rendements des quatre cultures, ce qui suggère que l'abondance des pluies a un impact négatif sur leur productivité, comme l'indiquent les coefficients directeurs négatifs (-0,001) pour l'arachide, (-0,002) pour le maïs, (-0,0005) pour le coton et (-0,0002) pour l'anacarde. Malgré la grande variation de la production agricole, les totaux pluviométriques ne contribuent pas à leur succès.

MOTS-CLEFS: agriculture, facteurs climatiques, prévisions, sécurité alimentaire, Bagoué.

1 INTRODUCTION

Les questions de variabilité climatiques sont places depuis quelques années au cœur des préoccupations des scientifiques et des décideurs. Cette tendance climatique perturbe les activités agricoles [1]. En Afrique subsaharienne, l'économie est fondée sur l'agriculture. Ce qui fait de ce secteur un atout majeur de la réduction de la pauvreté et favorise le développement économique. Or, l'agriculture est de plus en plus exposée aux extrêmes climatiques. Toutefois, la variabilité climatique rend l'agriculture ivoirienne vulnérable. Car les variations saisonnières et interannuelles sont dominées par une hausse de la température et une forte variabilité de la pluviométrie. Or, la majorité de la population rurale vit de l'exploitation des ressources de l'agriculture pluviale exacerbés par les changements climatiques. La tendance pluviométrique s'accompagne par des perturbations dans la distribution de la pluviométrie [2], [3].

Les études menées en Côte d'Ivoire sur les variabilités des pluies ont porté sur les poches de sécheresse et de déficit hydrique avec des diminutions considérables des hauteurs précipitées depuis 1960 [4], [5], [6], [7], [8]. Dès lors, l'agriculture majoritairement de type pluvial est plus affectée par les variations pluviométriques. Au regard de ce qui précède, beaucoup d'étude ont été menées sur la variabilité climatiques et de ses conséquences au nord de la Cote d'Ivoire, mais peu d'études relatent l'impact de la variabilité climatiques sur les spéculations cultivées (le maïs, l'arachide, le coton et l'anacarde) à l'échelle de la région de la Bagoué. Vu l'importance socio-économique que connaissent les cultures au nord de la Côte d'Ivoire, le défis de productivité de ces cultures (du maïs, de l'arachide, du coton et de l'anacarde) s'impose face aux les différents aléas climatiques depuis ces dernières décennies [9]. Or, la perturbation des saisons agricoles permanente serait sujette à des pertes de rendements. Face à cette situation, il est nécessaire de comprendre la variabilité climatique et ses impacts sur l'agriculture. A partir de ce constat, se pose la question est la suivante: Quelle relation peut-on établir entre la variabilité climatique et les cultures de l'arachide, du maïs, du coton et de l'anacarde? Le présent article vise à évaluer l'influence de la variabilité pluviométrique sur les cultures de l'arachide, du maïs, du coton et de l'anacarde dans la région de la Bagoué. De façon spécifique, il s'agissait d'évaluer le rendement moyen annuel, de mettre en place des itinéraires techniques pour chaque culture dans les départements de Boundiali, Kouto et Tengrela, puis d'évaluer l'impact de la variabilité pluviométrique sur le rendement de ces trois cultures.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 PRESENTATION DU MILIEU D'ÉTUDE

L'étude a été réalisée dans les départements de Boundiali, de Kouto et de Tengrela situés dans la région de la Bagoué, au nord de la Côte d'Ivoire entre les latitudes 10°45'00" et 9°00'00" Nord, et les longitudes 6°00'00" et 7°00'00" Ouest. Elle a une population majoritairement agricole estimée à 515 890 habitants et une superficie de 16 644 km² [10]. Elle a une pluviométrie moyenne annuelle 895,89mm et une température qui varie de 22,13°C à 29,14°C. Le relief est caractérisé par les collines, les plaines d'altitude variant entre 350 et 400 m, avec une prédominance des plateaux dont les altitudes varient de 300 à 500 m (Direction Régionale de l'Agriculture de Boundiali).

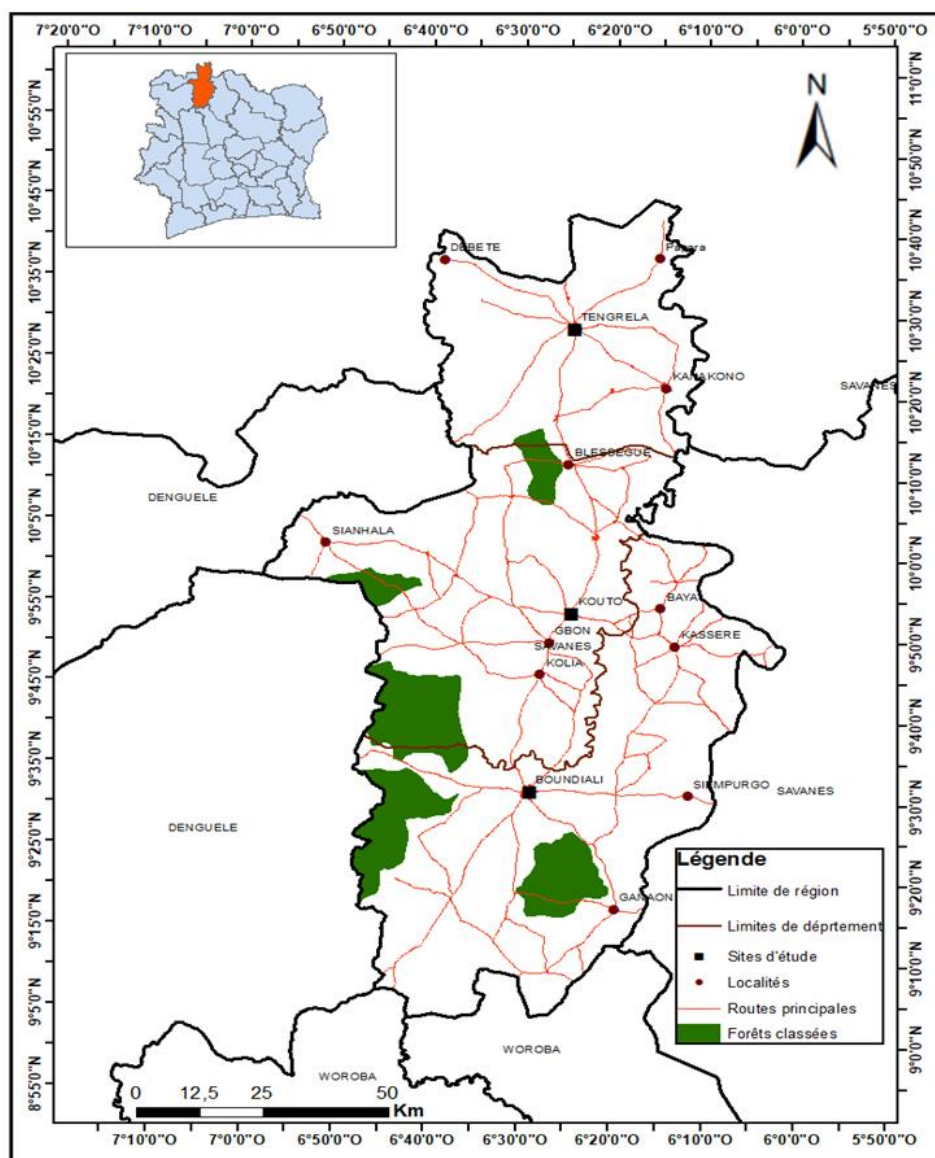


Fig. 1. Localisation des sites d'étude

Source: LATIG/IGT

2.2 DONNÉES CLIMATIQUES ET AGRICOLES

Les données de la pluviométrie de la Bagoué sont fournies par la Direction Régionale de l'Agriculture de Boundiali. Les valeurs aberrantes des données pluviométriques dans la série chronologique ont été décelées avec l'outil Rclimdex. Les données de productions et de superficies agricoles (maïs, arachide, coton et anacarde) sont fournies respectivement à l'ANADER, à l'Ivoire-Coton et au Conseil du Coton et de l'anacarde a été utilisé.

2.3 DONNÉES D'ENQUÊTE ET ÉCHANTILLONNAGE

Les travaux de terrain ont permis d'obtenir des informations sur les spéculations cultivées. Cela a permis de recueillir les données relatives à l'impact de la variabilité climatique sur les cultures de la région. Les données ont été collectées auprès des chefs de ménage à cet effet. Les enquêtes ont été basées sur un échantillonnage raisonné et/ou par Quota définie selon les critères suivants: toute personne pratiquant l'activité agricole dans la localité de Boundiali, de Kouto et de Tengrela; l'enquête doit avoir l'âge minimum de 30 ans et au moins 20 ans d'ancienneté dans la localité. Au total, 300 chefs de ménage (agriculteurs, chasseurs, éleveurs) soient 100 chefs de ménage par localités (Boundiali, Kouto, Tengrela).

2.4 MÉTHODES

2.4.1 MÉTHODES D'ESTIMATION DES RENDEMENTS AGRICOLES

Le calcul du rendement agricole s'est fait selon la formule suivante:

$$Ri = \frac{Pi}{Si} \quad (1)$$

Avec **Ri**: le rendement agricole à l'année i, **Pi**: la production à l'année i, **Si**: la superficie à année i.

2.4.2 METHODE D'ANALYSE DES DONNEES ISSUES DES ENQUETES PAR QUESTIONNAIRE

Les données issues des enquêtes par questionnaire sont principalement des données qualitatives et quantitatives. Après la collecte de ces données, nous avons procédé au dépouillement des questionnaires, puis les saisir dans le logiciel Excel. Ensuite, ces données ont été transformées en valeurs numériques afin de les rendre compatible au logiciel de statistique utilisé. Un code a été attribué à chaque variable et de livre de code a été construit dans le tableur Excel. Après avoir organisé les données, elles ont été analysées avec le logiciel SPSS version 22. Les résultats obtenus sont consignés dans les tableaux statistiques.

2.4.3 METHODE D'EVALUATION DE L'INFLUENCE DE LA VARIABILITE PLUVIOMETRIQUE SUR RENDEMENTS

Pour savoir si les variations des paramètres climatiques ont des influences sur les productions et les rendements des cultures. Une méthode statistique est couramment utilisée pour analyser la relation entre deux variables continues, il s'agit de la droite de régression linéaire. Ainsi, les grandes tendances sont mises en évidence par la droite de regression de type affine:

$$y = ax + b \quad (2)$$

Elle est obtenue par le calcul de la pente (a), qui est un coefficient directeur. Ainsi, cette methode s'interprète comme suite: si $a > 0$, on a une tendance à la hausse et si $a < 0$, la tendance sera à la baisse. Cependant, si le coefficient de détermination R est très proche de 1, l'estimation des données donnera un bon résultat [1], [3], [11].

3 RESULTATS

3.1 DYNAMIQUE DECENNALES DES SUPERFICIES CULTIVEES, PRODUCTIONS ET RENDEMENTS AGRICOLES

La production moyenne décennale des cultures de l'arachide, du maïs, du coton et de l'anacarde dans la région de la Bagoué reste également à la hausse de 1990 à 2020. En effet, la production moyenne agricole de l'arachide est de $5,83 \pm 0,31$ t entre 1990 et 2000, de $6,39 \pm 0,86$ t entre 2000 et 2010, puis de $13,9 \pm 4,55$ t entre 2010 et 2020. Celle du maïs est de $10,98 \pm 0,65$ t entre 1990 et 2000, de $12,46 \pm 0,72$ t entre 2000 et 2010, puis de $19,33 \pm 5,38$ t entre 2010 et 2020. Celle du coton est de $1,43 \pm 0,44$ t entre 1990 et 2000, de $1,49 \pm 0,91$ t entre 2000 et 2010, puis $1,95 \pm 0,55$ t entre 2010 et 2020. De plus, la production de l'anacarde est de $0,4 \pm 0,11$ t entre 1990 et 2000, de $0,56 \pm 0,14$ t entre 2000 et 2010, de $0,59 \pm 0,01$ t entre 2010 et 2020. Concernant la superficie moyenne décennale des cultures de l'arachide, du maïs, du coton et de l'anacarde dans la région de la Bagoué reste à la hausse de 1990 à 2020. En effet, la superficie moyenne emblavée de l'arachide est de $19129,03 \pm 508,02$ ha entre 1990 et 2000, de $17423,12 \pm 922,37$ ha entre 2000 et 2010, puis de $25898,13 \pm 6205,48$ ha entre 2010 et 2020. Celle du maïs est $9776,06 \pm 1173,45$ ha entre 1990 et 2000 est $8255,83 \pm 555,88$ entre 2000 et 2010, puis est de $12555,21 \pm 3304,60$ ha entre 2010 et 2020. Celle du coton est de $26617,87 \pm 2529,85$ ha entre 1990 et 2000, de $26596,45 \pm 6128,87$ ha entre 2000 et 2010, puis de $29065,59 \pm 8369,31$ ha entre 2010 et 2020. De plus, celle de l'anacarde est de $5255,90 \pm 3033,00$ ha entre 1990 et 2000, de $30219,96 \pm 15042,41$ ha entre 2000 et 2010, puis de $78281,09 \pm 17360,60$ ha entre 2010 et 2020. Quant au rendement agricole décennal en cultures de l'arachide, du maïs, du coton et de l'anacarde dans la région de la Bagoué sont à la hausse de 1990 à 2020. Le rendement moyen reste faible pour les cultures de l'arachide et du maïs et élevé pour les cultures du coton et de l'anacarde. En effet, le rendement agricole de l'arachide est de $0,0003 \pm 0,00002$ t/ha entre 1990 et 2000, de $0,0004 \pm 0,00004$ t/ha entre 2000 et 2010, de $0,001 \pm 0,0001$ t/ha entre 2010 et 2020. Celle du maïs est de $0,001 \pm 0,0002$ t/ha entre 1990 et 2000, de $0,002 \pm 0,0001$ t/ha entre 2000 et 2010, de $0,002 \pm 0,0001$ t/ha entre 2010 et 2020. Celle du coton est de $1,43 \pm 0,44$ t/ha entre 1990 et 2000, de $1,49 \pm 0,91$ t/ha entre 2000 et 2010, de $1,95 \pm 0,55$ t/ha entre 2010 et 2020. En outre, celle de l'anacarde est de $0,4 \pm 0,11$ t/ha entre 1990 et 2000, de $0,56 \pm 0,14$ t/ha entre 2000 et 2010, puis de $0,59 \pm 0,01$ t/ha entre 2010 et 2020 à $0,44$ t/ha, de à $0,54$ t/ha, de à $0,60$ t/ha (**Tableau 1**).

Tableau 1. *Dynamique des superficies cultivées, productions et rendements agricoles de l'arachide, du maïs, du coton et de l'anacarde dans la région de la Bagoué de 1990 à 2020*

Paramètres agricoles	Spécifications cultivées	1990-2000	2001-2010	2011-2020
		Moyenne±SE	Moyenne±SE	Moyenne±SE
Superficies (ha)	Arachide	19129,03 ± 508,02	17423,12 ± 922,37	25898,13 ± 6205,48
	Maïs	9776,06 ± 1173,45	8255,83 ± 555,88	12555,21 ± 3304,60
	Coton	26617,87 ± 2529,85	26596,45 ± 6128,87	29065,59 ± 8369,31
	Anacarde	5255,90 ± 3033,00	30219,96 ± 15042,41	78281,09 ± 17360,60
Productions (t)	Arachide	5,83±0,31	6,39±0,86	13,9±4,55
	Maïs	10,98±0,65	12,46±0,72	19,33±5,38
	Coton	37425,48±9300,63	35084,60±14058,44	53591,11±10228,64
	Anacarde	2313,35±1713,60	16332,14±8474,26	46603,75±10758,33
Rendements (t/h)	Arachide	0,0003 ± 0,00002	0,0004 ± 0,00004	0,001 ± 0,0001
	Maïs	0,001 ± 0,0002	0,002 ± 0,0001	0,002 ± 0,0001
	Coton	1,43 ± 0,44	1,49 ± 0,91	1,95 ± 0,55
	Anacarde	0,4 ± 0,11	0,56 ± 0,14	0,59 ± 0,01

SE: Erreur standard

Source: Données de l'ANADER, de l'Ivoire-Coton, du Conseil Coton et Anacarde et Faostat

3.2 ITINERAIRES TECHNIQUES ET CALENDRIER AGRICOLE DES CULTURES DANS LA REGION DE LA BAGOUÉ

L'analyse des itinéraires techniques dans la région de la Bagoué est établie à partir du traitement des données d'observation et d'enquête de terrain sur les cultures (Maïs, Arachide, Anacarde et Coton). C'est la description succincte de la conduite de ses cultures dans la zone de Boundiali, Kouto et Tengrela. Après les premières pluies annoncées à Boundiali, les agriculteurs commencent la préparation du sol au mois de mai pour la culture de maïs (soit 98%) et d'arachide (soit 90%) respectivement, aux mois de décembre-mai pour la culture d'anacarde (71%), aux mois de janvier-mai pour la culture de coton (soit 57% des enquêtés). Et les semis et/ou plantings se font au mois de juin pour la culture maïs (soit 59%), aux mois de mai-juin pour la culture d'arachide (soit 63%), aux mois de décembre-mars pour la culture d'anacarde (87%), au mois de juin pour la culture de coton (62%). De plus, l'entretien des champs débute pour la culture de maïs à partir du mois de juillet (soit 73%), sur les mois de juin-juillet pour la culture d'arachide (soit 83%), sur les mois de mois de décembre-mars pour la culture d'anacarde (soit 87% des réponses), sur les mois de mois de juin-juillet pour la culture (soit 88%). En fin, la récolte et post-récolte, elles se font respectivement sur mois d'août-septembre (soit 88%) et sur les mois d'octobre-décembre (74%) pour la culture de maïs, sur mois d'août-septembre (soit 61%) et sur les mois de septembre-octobre (soit 71% des réponses) pour la culture d'arachide, sur mois de février-avril (soit 80%) et sur les mois de mars-avril (soit 72% des réponses) pour la culture d'anacarde, sur mois d'août-septembre (soit 59%) et sur les mois d'octobre-décembre (soit 71% des réponses) pour la culture de coton (Tableau 2).

À Kouto, les agriculteurs débutent la préparation du sol aux mois de janvier-février pour la culture de maïs (soit 74%) et aux mois de janvier-mai pour arachide (soit 84%), aux mois de décembre-février pour la culture d'anacarde (soit 57%), aux mois de décembre-février pour la culture de coton (soit 86% des enquêtés). Alors que les semis et/ou plantings s'effectuent au mois de juin pour la culture maïs (soit 51%), aux mois d'avril-mai pour la culture d'arachide (soit 70%), aux mois d'août-septembre pour la culture d'anacarde (66%) et au mois de juin pour la culture de coton (soit 56%). En outre, l'entretien des champs débute pour la culture de maïs à partir du mois de juillet (soit 68%), les mois de juin pour la culture d'arachide (soit 51%), sur les mois de décembre-mars pour la culture d'anacarde (soit 78% des réponses) et sur les mois de mois de juin-juillet pour la culture du coton (soit 56%). Pour finir la récolte et post-récolte, elles se font respectivement sur mois d'août-septembre (soit 86%) et sur les mois d'octobre-décembre (83%) pour la culture de maïs, sur mois d'août-septembre (soit 50,90%) et sur les mois de septembre-octobre (soit 64% des réponses) pour la culture d'arachide, sur mois de février-avril (soit 75%) et sur les mois de mars-avril (soit 72% des réponses) pour la culture d'anacarde, sur mois d'août-octobre (soit 70%) et sur les mois de octobre-décembre (soit 73% des réponses) pour la culture de coton (Tableau 3).

À Tengrela, après les premières pluies annoncées les agriculteurs commencent la préparation du sol respectivement aux mois de janvier-juin pour la culture de maïs (soit 96%) et les mois de mai pour la culture d'arachide (soit 64%), aux mois de janvier-février pour la culture d'anacarde (soit 72%), aux mois d'avril-mai pour la culture de coton (soit 70% des enquêtés). Quant aux semis et/ou plantings, se font au mois de juin pour la culture maïs (soit 53%), aux mois de mai pour la culture d'arachide (soit 69%), aux mois de septembre pour la culture d'anacarde (70%), au mois de juin pour la culture de coton (soit

62%). Par ailleurs, l'entretien des champs par les agriculteurs débute pour la culture de maïs à partir du mois juillet pour la culture de maïs (soit 74%), au mois de juin pour la culture d'arachide (soit 86%), sur les mois de février-mars pour la culture d'anacarde (soit 74,0% des réponses), sur les mois de juin-juillet pour la culture (soit 62%). Concernant la récolte et post-récolte, elles se font respectivement sur mois d'aout-septembre (soit 100%) et sur les mois d'octobre-décembre (100%) pour la culture de maïs, sur les mois d'aout-septembre (soit 73%) et au mois de septembre (soit 90% des réponses) pour la culture d'arachide, sur mois de mars-avril (soit 74%) et sur les mois d'avril (soit 69% des réponses) pour la culture d'anacarde, sur le mois d'aout-décembre (soit 93%) et sur les mois de novembre-décembre (soit 62% des réponses) pour la culture d'anacarde (Tableau 4).

Dans la région de la Bagoué, les semis de cultures telles que les noix de cajou et d'autres plantes ont généralement lieu entre avril et août. Bien que le calendrier exact, dépend du début de la saison agricole et de la disponibilité de semences de qualité. Les noix de cajou, en particulier, sont généralement plantées entre août et septembre, car elles nécessitent des pépinières avant d'être transplantées. La période d'entretien de ces cultures est influencée par l'utilisation de produits chimiques agricoles, tels que les insecticides, les herbicides et les fongicides, et le moment de la récolte varie en fonction des variétés et des ressources dont dispose l'agriculteur. Pour améliorer la saison agricole, il est essentiel de sensibiliser la population à l'adoption de variétés à cycle court et à l'ensemencement en temps voulu. Par ailleurs, les semis de cultures comme l'arachide, le maïs et le coton commencent généralement entre avril et juin, en fonction du début de la saison agricole et de la disponibilité de semences de qualité. La plupart des agriculteurs sèment leur coton et leur maïs en juin. La période d'entretien est influencée par l'utilisation de produits chimiques agricoles dans les champs, tels que les insecticides, les herbicides et les fongicides. La période de récolte varie en fonction de la variété des cultures et des ressources dont dispose le chef d'exploitation. Pour ce faire, le responsable de la zone de Boundiali de l'ANADER insiste sur la nécessité de mener des campagnes de sensibilisation pour promouvoir l'adoption de variétés à cycle court et l'ensemencement en temps voulu. Les agriculteurs sont également encouragés à solliciter l'assistance de l'ANADER pour une meilleure planification de la campagne agricole. Diverses structures telles que l'ANADER, Ivoire-Coton et le Conseil Coton et de l'Anacarde, jouent un rôle important dans la région de la Bagoué et contribuent à une meilleure planification et coordination (figure 2).

Tableau 2. Itinéraires techniques des cultures dans la zone de Boundiali

Cultures	Itinéraires techniques				
	Preparation du sol	Semis	Entretien	Récoltes	Post-récoltes
Maïs	Mai	Juin	Juillet	aout-septembre	octobre-décembre
	98%	59%	73%	88%	74%
Arachide	Mai	mai-juin	juin-juillet	aout-septembre	Septembre-octobre
	90%	63%	83%	61%	71%
Anacarde	décembre-mai	Aout	décembre-mars	février-avril	mars-avril
	71%	60%	87%	80%	72%
Coton	janvier-février	Juin	juin-juillet	aout-septembre	octobre-décembre
	57%	62%	88%	59%	71%

Tableau 3. Itinéraires techniques des cultures dans la zone de Kouto

Cultures	Itinéraires techniques				
	Preparation du sol	Semis/planting	Entretien	Récolte	Post-récoltes
Maïs	janvier-février	Juin	Juillet	août-octobre	octobre-décembre
	74%	51%	68%	86%	83%
Arachide	janvier-mai	avril-mai	Juin	aout-septembre	septembre-octobre
	84%	70%	51%	50,90%	64%
Anacarde	décembre-février	Aout-septembre	décembre-mars	février-avril	mars-avril
	57%	66%	78%	75%	72%
Coton	décembre-février	Juin	juin-juillet	aout-octobre	octobre-décembre
	86%	56%	56%	70%	73%

Tableau 4. Itinéraires techniques des cultures dans la zone de Tengrela

Cultures	Itinéraires techniques				
	Preparation du sol	Semis / planting	Entretien	Récolte	Post-récoltes
Maïs	janvier-juin	Juin	Juillet	août-septembre	octobre-décembre
	96,00%	53,00%	74,0%	100,0%	100,0%
Arachide	Mai	Mai	Juin	août-septembre	Septembre
	64%	69%	86%	73%	90%
Anacarde	janvier-février	septembre	février-mars	mars-avril	Avril
	72,0%	70,0%	74,0%	74,00%	69,00%
Coton	avril-mai	Juin	juin-juillet	août-décembre	novembre-décembre
	70%	62%	62%	93%	62%

Spéculations	Preparation Debut à la fin	Semis / planting Debut à la fin	Entretien Debut à la fin	Récolte Debut à la fin	Post-récolte Debut à la fin
Maïs	Janvier-juin	Juin	Juillet	Août-septembre	Octobre-décembre
Arachide	Janvier-mai	Avril-juin	Juin-juillet	Août-septembre	Septembre-octobre
Anacarde	Décembre-février	Août-septembre	Décembre-mars	Février-avril	Mars-avril
Coton	Décembre-mai	Juin	Juin-juillet	Août-décembre	Octobre-décembre

Fig. 2. Calendrier cultural des principales spéculations agricoles dans la région de la Bagoué

3.3 RELATIONS ENTRE LA VARIABILITE PLUVIOMETRIQUE, PRODUCTIONS ET RENDEMENTS AGRICOLES

Il existe une dispersion importante des points de données concernant les superficies ensemencées des différentes cultures étudiées, ce qui indique une faible corrélation. Cette dispersion suggère que les pluies enregistrées n'ont pas d'impact sur les superficies ensemencées. Le coefficient de détermination, qui mesure la force de cette relation, est inférieur à 0,1 pour toutes les cultures analysées, avec des valeurs de (0,0134) pour l'arachide, (0,00) pour le maïs, (0,0041) pour le coton et (0,1229) pour la noix de cajou. Cependant, on observe des tendances distinctes dans les superficies agricoles projetées pour les différentes cultures, avec une tendance à la baisse pour l'arachide et l'anacarde, et une tendance à la hausse pour le maïs et le coton. Les coefficients directeurs de ces tendances sont respectivement, (-1,5973) pour l'arachide, (-32,062) pour la noix de cajou, (0,0188) pour le maïs et (1,0487) pour le coton. En outre, il y a une dispersion notable des points de données concernant la production végétale, ce qui indique une faible corrélation. Le coefficient de détermination reste inférieur à 0,1 pour toutes les cultures. Malgré les idées reçues, les données indiquent que la quantité de pluie n'influence pas significativement la production agricole dans la région de la Bagoué. Par ailleurs, une faible corrélation entre les totaux pluviométriques enregistrés et les rendements des cultures s'explique par la dispersion des points. Le coefficient de détermination est inférieur à 0,1 pour toutes les cultures étudiées, avec 0,01232 pour l'arachide, 0,0134 pour le maïs, 0,0615 pour le coton et 0,1954 pour l'anacarde. Ceci suggère que les quantités de pluie n'ont pas d'impact significatif sur le rendement agricole dans la région de la Bagoué, contrairement aux idées reçues. En outre, la tendance des prévisions de rendement des cultures d'arachide, de maïs, de coton et d'anacarde est à la baisse, comme l'indiquent les coefficients directeurs négatifs (-0,001) pour l'arachide, (-0,0016) pour le maïs, (-0,0005) pour le coton et (-0,0002) pour l'anacarde. Ces résultats suggèrent que des facteurs autres que les précipitations, tels que la qualité du sol ou les techniques agricoles, peuvent avoir une plus grande influence sur la production agricole dans la région (figure 2, 3 et 4).

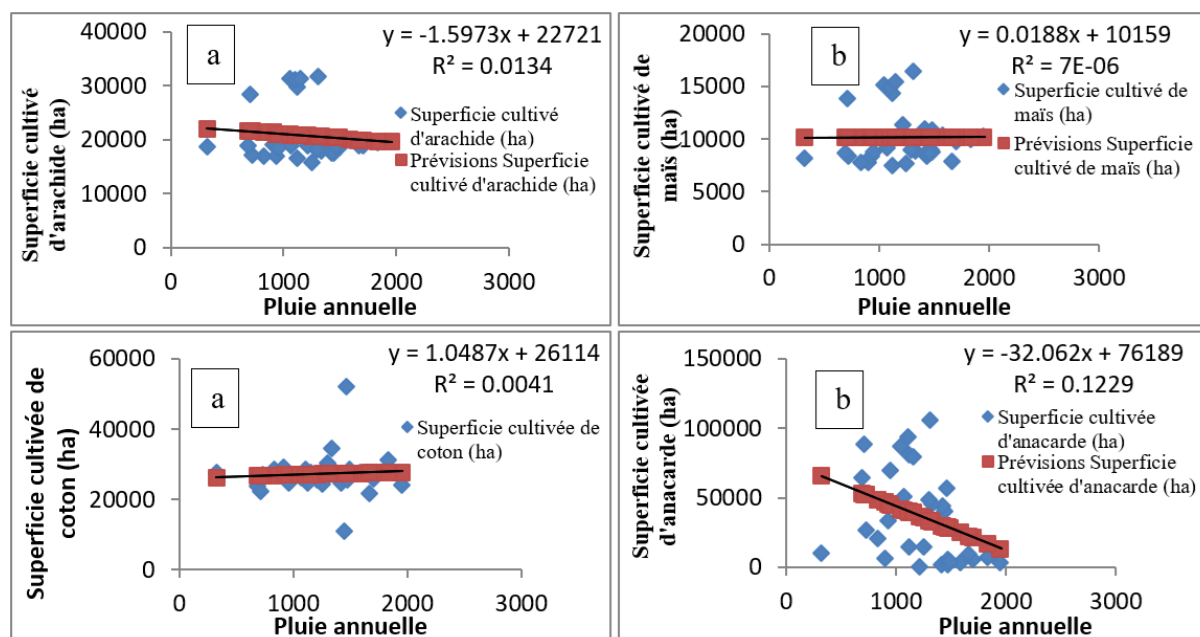


Fig. 3. Relation entre les pluies annuelles et la superficie de l'arachide, du maïs, du coton et de l'anacarde dans la région de la Bagoué

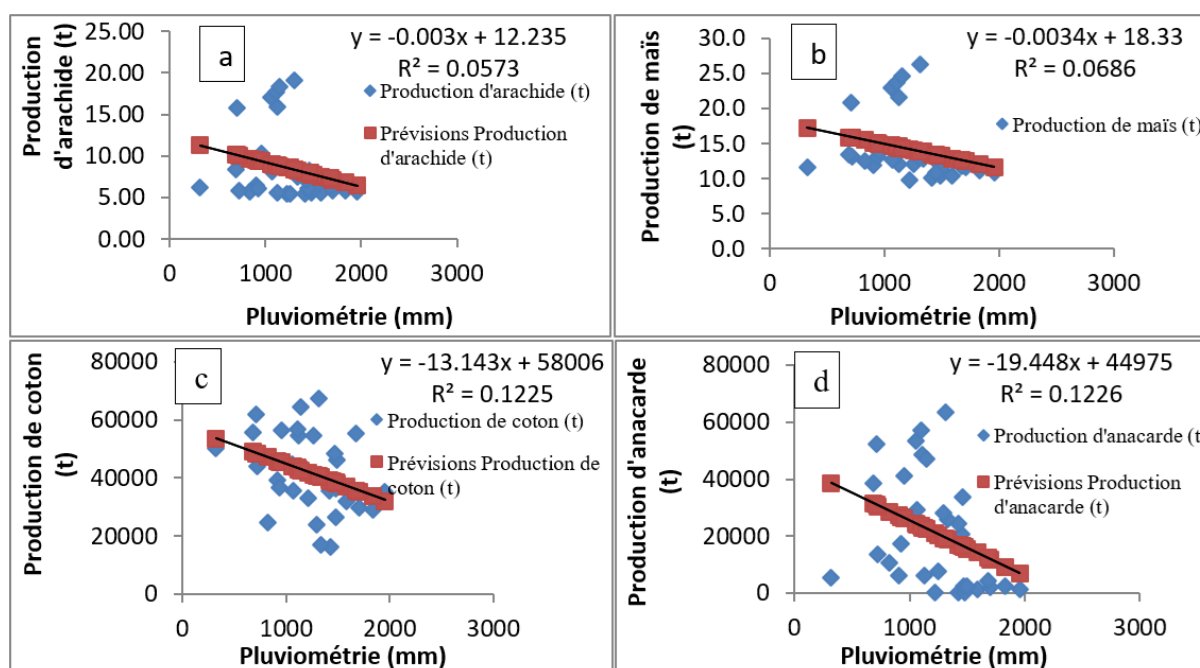


Fig. 4. Relation entre les pluies annuelles et la superficie de l'arachide, du maïs, du coton et de l'anacarde dans la région de la Bagoué

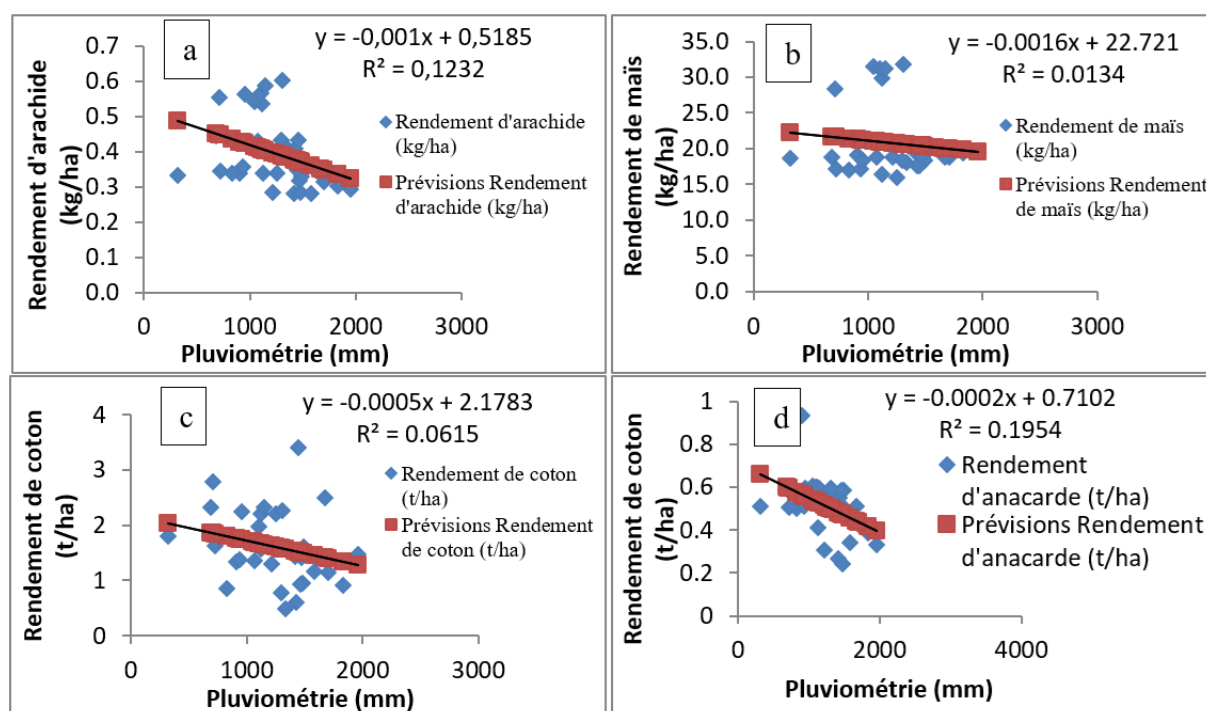


Fig. 5. Relation entre les pluies annuelles et la superficie de l'arachide, du maïs, du coton et de l'anacarde dans la région de la Bagoué

4 DISCUSION

Les principales cultures de rente que sont l'anacarde, le coton connaissent chaque année une progression en termes de superficies mises en valeur alors qu'une réduction des surfaces cultivées (en arachide et en maïs) est constatée. De plus, la hausse de la production des cultures de l'arachide, du maïs, du coton et de l'anacarde dans la région de la Bagoué est due au fait que les agriculteurs utilisent les engrais chimiques, les pesticides dans les cultures (d'arachide et du maïs) et une forte reconversion de terre en coton et en anacarde. Cependant, le faible rendement moyen pour les cultures (de l'arachide et du maïs) est dû au retard ou l'arrêt brutal ou l'irrégularité de la pluviométrie d'une part tandis que le rendement moyen élevé pour les cultures (du coton et de l'anacarde) s'explique par l'entretien de ces cultures (coton et l'anacarde) et l'extension de ces surfaces emblavées. Entre 1990 et 2020, la production moyenne d'arachides, de maïs, de coton et de noix de cajou ainsi que les superficies cultivées ont fluctué, avec des rendements variables pour chaque culture. La production moyenne d'arachides, de maïs, de coton et de noix de cajou a connu une tendance à la hausse au fil des ans. En effet, les rendements moyens annuels de l'arachide restent faibles à l'hectare avec des valeurs respectives de 0,0003, 0,0004 et 0,001 t/ha de 1990 à 2000, de 2000 à 2010 et de 2010 à 2020. Pour le maïs, les rendements sont 0,001 t/ha de 1990 à 2000, 0,002 t/ha de 2000 à 2010 et de 0,002 t/ha de 2010 à 2020. Ceux de l'anacarde est de $0,4 \pm 0,11$ t/ha de 1990 à 2000, de 0,56 t/ha de 2000 à 2010, puis de $0,59 \pm 0,01$ t/ha de 2010 à 2020. En outre, ceux du coton sont plus élevés avec des valeurs respectives de $1,43 \pm 0,44$ t/ha, de 1,49 t/ha et de 1,95 t/ha de 1990 à 2000, de 2000 à 2010 et 2010 à 2020. Ainsi, la superficie moyenne consacrée à ces cultures a également fluctué au fil des ans, les superficies consacrées à l'arachide, au maïs et au coton affichant des tendances différentes. En outre, les rendements à l'hectare ont varié d'une année à l'autre et faible pour les arachides et le maïs. Ces résultats sont similaires aux résultats [12], qui montrent que les performances des activités agricoles dépendent des conditions climatiques.

La région de la Bagoué est confrontée à des défis en matière de développement agricole en raison d'un manque de pluies et de son impact sur la croissance des cultures [3]. Ainsi, les cultures telles que l'arachide, le maïs, le coton et l'anacarde sont affectées. Pour faire face à ce problème, un calendrier agricole a été créé sur la base d'enquêtes sur les itinéraires techniques de chaque culture. Le calendrier révèle qu'après la préparation du sol, les semailles commencent généralement en avril, la date la plus tardive étant le mois d'août. La date précise de début dépend de la saison agricole, qui varie d'une année à l'autre en fonction de la disponibilité de semences de qualité. Les noix de cajou sont plantées d'août à septembre, car des pépinières sont nécessaires pour la transplantation. La période d'entretien est influencée par l'utilisation de produits chimiques agricoles, tandis que la période de récolte varie en fonction de la variété de la culture et des ressources dont dispose le chef

d'exploitation. Toutefois, la population doit adopter des variétés à cycle court, à l'ensemencement en temps opportun et à la recherche d'assistance auprès de l'ANADER pour une meilleure planification agricole [3].

La pluviométrie reste un élément clé parmi les facteurs limitants le développement agricole de la région de la Bagoué du fait de sa disponibilité actuelle. Pour ce faire, le déficit pluviométrique permanent et la mauvaise distribution spatio-temporelle des hauteurs précipitées affectent le développement agricole. Ainsi, la mise en corrélation des totaux pluviométriques annuels et les productions, puis celle établie entre les totaux pluviométriques annuels et les rendements agricoles des cultures (arachide, maïs, coton et anacarde) ont permis d'apprécier leur relation de causalité. La faible corrélation malgré l'existence d'une grande dispersion des points quasiment pour les productions des cultures (arachide, maïs, coton et anacarde) s'explique par le fait que les totaux pluviométriques enregistrés n'ont pas une forte influence sur les productions et les rendements agricoles. L'étude révèle une corrélation négative entre les pluies et les rendements des quatre cultures, ce qui suggère que l'abondance des pluies a un impact négatif sur leur productivité, comme l'indiquent les coefficients directeurs négatifs (-0,001) pour l'arachide, (-0,002) pour le maïs, (-0,0005) pour le coton et (-0,0002) pour l'anacarde. En outre, la tendance des prévisions de production et de rendement des spéculations (arachide, maïs, coton et anacarde) est à la baisse car les quantités de pluies sont irrégulières et abondantes provoquant ainsi des inondations des champs, le lessivage des sols. Cela rend le sol peu fertile d'où la nécessité de l'apport d'engrais au sol. Ces résultats sont en accord avec les auteurs [13], [11], [14], [15], [16], qui ont montré qu'il y a une baisse de la production vivrière dans de nombreuses régions dans certains pays africains pauvres. Selon le dernier rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), une diminution des hauteurs précipitées pourrait entraîner une baisse des récoltes pouvant atteindre jusqu'à 20%. Les modifications des pluies annuelles ont perturbé les paramètres agrométéorologiques, entraînant une insécurité alimentaire. L'étude a montré également une alternance d'années avec des précipitations déficitaires et excédentaires, ce qui a entraîné une baisse des rendements agricoles et contribue au problème de l'insécurité alimentaire. Ces résultats concordent avec ceux de [1-3], [10], [11], [13], [17-21], qui ont montré que la hausse de la pluviométrie contribue à la baisse du rendement des cultures.

5 CONCLUSION

La région de la Bagoué est confrontée à un manque de pluies qui affecte la croissance des cultures (de l'arachide, du maïs, du coton et de l'anacarde). De plus, l'irrégularité des pluies et l'imprévisibilité des débuts et des fins de saison, et les poches de sécheresse perturbent le calendrier agricole. Ce qui entraîne la détérioration de la fertilité des sols associée à la baisse de la production et des rendements agricoles, appauvrissent les agriculteurs. Cependant, les prévisions ont montré que les rendements des cultures (arachide, maïs, coton et anacarde) diminuent au fil à mesure que la quantité de pluies augmente. En outre, les rendements à l'hectare ont varié d'une année à l'autre et reste faible pour les cultures (arachide et maïs). Cette étude a révélé que les grandes quantités des pluies annuelles n'ont pas une grande influence sur les superficies emblavées, la production et les rendements agricoles. Cela induit les agriculteurs à utiliser de l'engrais pour compenser la baisse de fertilité du sol.

REFERENCES

- [1] M. I. Ouede, S. Hounzime, I. Agbokou, A. Alhassane, & I. Yabi, Caractéristiques Spatio-temporelles de la variabilité climatique au Bénin (Afrique de l'Ouest). *European Scientific Journal*, ESJ, 18 (30), 240p, 2022. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p240>.
- [2] P. A. Dibi-Kangah, et J. D. H. Anoh, Aléas pluviométriques et développement durable en Côte d'Ivoire. *Cahiers du CBRST*, No10, pp. 140-159, 2016.
- [3] C. S. Dekoula, B. Kouame, N'Goran K. E., E. J. N. Hounou, G. F. Yao, K. E. Kassim, J. B. Kouakou, A. E. B. N'Guessan, et N. Soro, Variabilité des descripteurs pluviométriques intra-saisonniers à impact agricole dans le bassin cotonnier de Côte d'Ivoire: zones de Boundiali, Korhogo et Ouangolo, *Journal of Applied Biosciences*, vol.130. pp.13199-13212, 2018.
- [4] S. Bigot, Y. T. Brou, A. Diédhiou, & C. Houndenou, Facteurs de la variabilité pluviométrique en Côte d'Ivoire et relations avec certaines modifications environnementales. *Sécheresse* 16 (1), pp.14-21, 2005.
- [5] P. A. Dibi-Anoh, *Changement Climatique en Afrique Subsaharienne: de la Vulnérabilité*.
- [6] M. Diomandé, Impact du changement de pluviosité sur les systèmes de production agricoles en zone de contact Forêt-savane de Côte d'Ivoire, Thèse de Doctorat, Université Felix Houphouët Boigny, 9, 228p, 2013.
- [7] K. E. Ahoussi, Y. B. Koffi, A. M. Kouassi, G. Soro, N. Soro, J. Biémi, Étude de la variabilité hydroclimatique et de ses conséquences sur les ressources en eau du Sud forestier et agricole de la Côte d'Ivoire: cas de la région d'Abidjan Agboville. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 1 (6), p.30-50, 2013.

- [8] R. M. N. Fossou, T. Lasm, N. Soro, T. Soro, G. Soro, L. O. Z. De, D. Baka, O. Onetie Z. R. Orou, Variabilité climatique et son impact sur les ressources en eaux souterraines: cas des stations de Bocanda et de Dimbokro - centre-est de la Côte d'Ivoire (Afrique Ouest), *Larhyss Journ*, N°21, pp. 97-120, 2015.
- [9] B. Doukpolo, Changements climatiques et productions agricoles dans l'ouest de la république centrafricaine, Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-calavi, 273p, 2014.
- [10] Institut National de la Statistique-Recensement General de la Population et de l'Habitat, INS-RGPH, 2021. Résultats Globaux Définitifs 2021, [Consulté le 04 juillet, 2024]. https://www.gouv.ci/_actualite-article.php?recordID=13769.
- [11] K. C. N'Da, Variabilité hydroclimatique et mutations agricoles dans un hydrosystème anthropise: l'exemple du bassin versant du Bandama en Côte d'Ivoire, Thèse de doctorat, Université Félix Houphouët Boigny, 13, 271p, 2016.
- [12] S. Sow, B. Faye, P. Mendy, Analyse des effets de la pluviométrie sur le pib agricole au Sénégal. *Agronomie Africaine* 32 (3): 343 - 351, 2020.
- [13] P. A. Dibi-Kangah, J. D. H. Anoh, Aléas pluviométriques et développement durable en Côte d'Ivoire. *Cahiers du CBRST*, No10, pp. 140-159, 2016.
- [14] J. Rodrigues, J. Thurlow, W. Landman, C. Ringler, R. Robertson, T. Zhu, The economic value of seasonal forecasts stochastic economywide analysis for East Africa. Rapport IFPRI Washington, DC., 32p, 2016.
- [15] A. Drouiche, F. Nezzal, & M. Djema, Variabilité inter-annuelle des précipitations dans la plaine de la Mitidja en Algérie du Nord / Interannual variability of precipitation in the Mitidja plain in Northern Algeria. *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, 32 (2), 165-177, 2019. <https://doi.org/10.7202/1065205ar>.
- [16] I. Mballo, S. Oumar, D. Gaye et B. Sané, Variabilité pluviométrique et développement de l'activité agricole dans la région de Kolda (Sénégal). *Dynamiques environnementales*, 48, pp101-126, 2021.
- [17] B. Sultan, R. Lalou, M. A. Sanni, A. Oumarou et M. A. Soumaré, Les sociétés rurales face aux changements climatiques et environnementaux, IRD Editions, 463p, 2015.
- [18] B. S. Traoré, S. Sanogo, M. B. Kebre, K. L. Ouedraogo, H. Konare, F. Ouedraogo, A. Ba, et F. Zougmore, Etude de corrélation entre l'humidité, la température mesure in-situ et simulé avec hydru-1d: cas de néguela au mali. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*. 5 (4), pp.282-291, 2017.
- [19] A.O. Agani, G. Biaou, A. Floquet, A. Zannou, & L.G. Houessou, Perception et prédiction future des changements climatiques par les agriculteurs de materi et leurs impacts sur la production agricole. *European Scientific Journal*, ESJ, 19 (24), pp.111-140, 2023. Error! Hyperlink reference not valid.
- [20] Traore, S.S., Guindo, S., Thiombiano, B.A., Dembélé, S., Diakité, C.H, 2022. Entre diminution pluviométrique et augmentation de la température: la mauvaise perception de la variabilité climatique des communautés locales de Benguéné (Mali) et leurs stratégies d'adaptations », *African Scientific Journal* « Volume 03, Numéro 12 » pp: 122-140.
- [21] B. I. Diomandé, Evolution climatique récente dans les régions nord-ouest de la Côte d'Ivoire et ses impacts environnementaux et socio-économiques, Thèse de Doctorat unique, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 222p, 2011.

