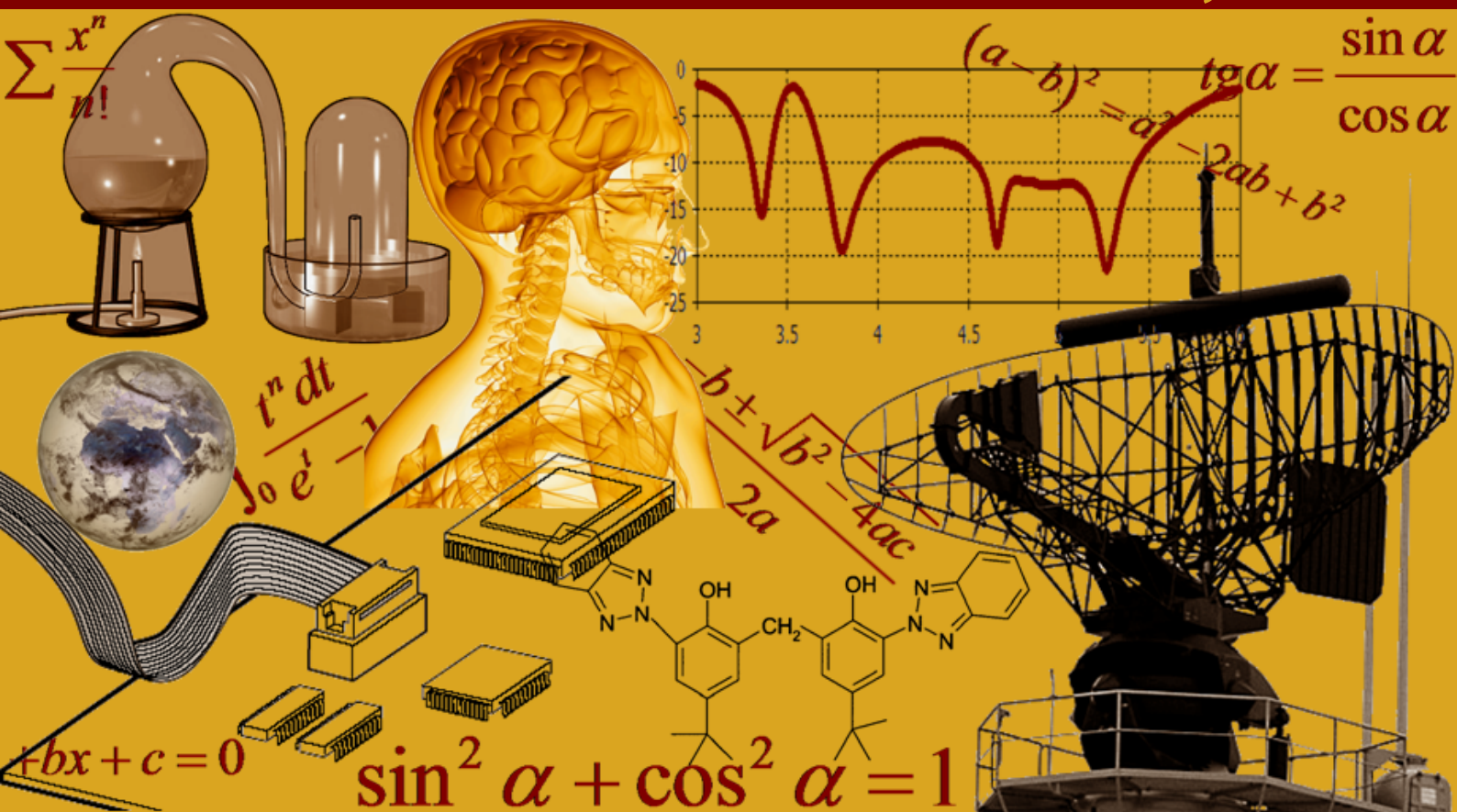


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 79 N. 1 June 2025



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Scientific Research

International Journal of Innovation and Scientific Research (ISSN: 2336-0046) 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

Assessing the microbiological quality of food sold in various retail outlets in Libreville (Gabon) <i>Pierre Philippe MBEHANG NGUEMA, Gontran NSI AKOUE, Roméo Wenceslas LENDAMBA, Rachel ZOUGA ASSOUME ép. NZIENGUL, Christophe Roland NZINGA KOUNBA, and Ludovic MEWONO</i>	1-7
Effets des amendements de résidus ligneux de <i>Piliostigma reticulatum</i> (D.C.) Hocht sur la biomasse adventice, les performances agronomiques du sorgho et la qualité résiduelle du sol en contexte semi-aride <i>Daouda Guebre, Safiatou Sanna, Gouwidida Elice Kabore, Aminata Tandyande, and Edmond Hien</i>	8-20
Evaluation des performances agronomiques des hybrides F1 groupe I (F1 / G1) de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) et leurs lignées parentales à Kisangani (Province de la Tshopo, RD Congo) <i>Jules Lokonga Okenge, Albert Okungo Lotokola, and Dhed'A Djailo Benoit</i>	21-32
Evaluation of the process of transformation of the flesh of the Achatines in Benin <i>Adékunlé Mama Ali, Martinien Hospice Mahussi Assogba, Gildas Dansi, Paul François Dossa, Ignace Dotché, Guy Apollinaire MENSAH, Mahamadou Dahouda, and Issaka Youssao Abdou Karim</i>	33-48
Opinions des parents sur la prise en charge des enfants hospitalisés: Cas de la pédiatrie de L'HGR Bunia en République Démocratique du Congo <i>Heranabo Muzikale Dieudonné, Kiza Maki Claude, Kambale Amani Etienne, and Tondabo Yanga Emmanuel</i>	49-54
Étude topographique des lotissements cadastraux des quartiers Joli Site RVA et Golf pour le drainage des eaux météoriques et domestiques (cas de la ville de Kolwezi, RD Congo) <i>KAYEYE MAHAMBIA Jean Paul and MUNAN WAN</i>	55-71
Perception of riverine populations in the Nakanbe-Wayen basin on surface water resources in the Sahelian zone of Burkina Faso <i>Wennepinguere Virginie Marie Yameogo, Farid Traore, Blaise Ouédraogo, and Mipro Hien</i>	72-84
Participatory diagnosis of post-harvest practices and storage constraints for <i>Senegalia macrostachya</i> seeds among farmers in the « Boucle du Mouhoun » region, Burkina Faso <i>Larissa Dioma, Koï Wenceslas Kam, Yamkoulga Marcellin, Emmanuel Kaboré, Antoine Sanon, and Zakaria Ilboudo</i>	85-94

Assessing the microbiological quality of food sold in various retail outlets in Libreville (Gabon)

Pierre Philippe MBEHANG NGUEMA¹, Gontran NSI AKOUE², Roméo Wenceslas LENDAMBA³, Rachel ZOUGA ASSOUME ép. NZIENGUI², Christophe Roland NZINGA KOU MBA¹, and Ludovic MEWONO²

¹Laboratoire de microbiologie, Institut de Recherche en Écologie Tropicale, Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (IRET, CENAREST), B.P. 13345, Libreville, Gabon

²Ecole Normale Supérieure (ENS), B.P. 17009, Libreville, Gabon

³Département des opérations cliniques, Centre de Recherches Médicales de Lambaréné (CERMEL), B.P. 242, Lambaréné, Gabon

Copyright © 2025 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: Food safety is a critical aspect of public health, encompassing the hygienic quality and absence of harmful microorganisms or toxins in food products. In Libreville, Gabon's bustling economic hub, food markets range from traditional stalls to modern supermarkets. This study evaluates the microbiological quality of chicken, the most consumed food item among Libreville residents, by assessing contamination levels with *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, and *Staphylococcus spp.* Twenty-one chicken samples, including wings, thighs, and drumsticks, were randomly collected from various retail outlets. Microbiological analyses revealed contamination in all samples, with bacterial loads exceeding international safety thresholds. Wings exhibited the highest levels of contamination, potentially due to poor hygiene practices and frequent handling. Antibiotic susceptibility tests demonstrated resistance to multiple antibiotics, though no extended-spectrum beta-lactamase production was observed. Resistance was most pronounced in *E. coli* and *Staphylococcus spp.* for sulfamides and cefotaxime. The findings underscore the urgent need for improved food safety practices in Libreville's markets, highlighting the health risks associated with chicken consumption. This study calls for enhanced regulatory oversight, public awareness campaigns, and the adoption of stringent hygiene measures to safeguard consumers from foodborne illnesses.

KEYWORDS: Food safety and Chicken contamination, *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, Antibiotic resistance, Libreville.

1 INTRODUCTION

A food item is a substance that can be digested by a living organism to provide the nutrients necessary for development, functioning, and survival [1]. Foods may be of either plant or animal origin [2] and are generally consumed by humans as sustenance [1]. These foods are sold in various markets and shops. The sanitary quality of food refers to the set of characteristics and conditions ensuring that it is fit for human consumption and poses no health risks [3]. This includes the absence of contaminants, pathogenic microorganisms, or toxic substances [4]. Libreville, as Gabon's economic and commercial hub, offers a wide range of food items through its diverse marketplaces, spanning traditional markets to modern supermarkets [5]. One of the challenges faced by urban areas is ensuring the food security of their populations [6]. However, concerns often arise regarding the sanitary quality of food products due to inadequate handling, storage, or distribution practices. In this context, systematic evaluation is essential to assess compliance with sanitary standards and identify potential risk areas. Evaluating the sanitary quality of food is a significant concern globally in terms of food security and public health [7]. However, this issue is particularly important due to the intense commercial activity and diversity of food products available in local markets. Thus, this preliminary study aims to determine whether such food items, specifically chicken, are truly fit for human consumption.

2 MATERIALS AND METHODS

PRE-STUDY SURVEY

Before commencing the study, a comprehensive local survey was conducted to identify the most commonly consumed food item among Gabonese residents, particularly those living in Libreville. This preliminary work revealed that chicken was the preferred food item (AGASA, DGCCRF), and thus it was chosen as the biological material for this study.

MATERIALS

BIOLOGICAL MATERIAL

Chicken parts, specifically thighs, wings, and drumsticks.

Sample Collection: Chicken samples (E1 to E21), each weighing approximately 1 kg, were purchased randomly from various food supply outlets in Libreville on 25 May 2024 (Table 1). The sampling was carried out across three types of retail outlets: supermarkets, mini-markets, and grocery stores, located in six neighbourhoods: Essassa, Bikélé, PK12, Nzeng-Ayong, Nkembo, and Mont-Bouet.

Samples were collected aseptically using sterile techniques, including gloves, freezer bags, and a clean cooler with ice to minimise contamination risks. During collection, a systematic visual analysis was also conducted to identify potential contamination factors such as product appearance, signs of partial thawing, texture degradation, or discolouration of chicken meat. These factors were recorded (Table 1).

Tableau 1. *Characteristics of Collected Samples*

Sample No.	Type of Collection Outlet	Neighbourhood	Collected Food Items
E1	Grocery shop	Essassa	Thighs
E2	Convenience store	Essassa	Wings
E3	Supermarket	Bikélé (PK18)	Drumsticks
E4	Supermarket	Bikélé (PK18)	Wings
E5	Supermarket	PK12	Wings
E6	Supermarket	PK12	Drumstick
E7	Supermarket	Nzeng-Ayong	Drumstick
E8	Supermarket	Nzeng-Ayong	Thighs
E9	Convenience store	Nzeng-Ayong	Wings
E10	Convenience store	Nzeng-Ayong	Drumstick
E11	Grocery shop	Nzeng-Ayong	Wings
E12	Grocery shop	Nkembo	Thighs
E13	Convenience store	Nkembo	Wings
E14	Convenience store	Nkembo	Drumstick
E15	Supermarket	Nkembo	Wings
E16	Supermarket	Nkembo	Thighs
E17	Convenience store	Mt-Bouet	Wings
E18	Convenience store	Mt-Bouet	Thighs
E19	Convenience store	Mt-Bouet	Drumstick
E20	Supermarket	Mt-Bouet	Thighs
E21	Supermarket	Mt-Bouet	Wings

LABORATORY ANALYSIS

Upon arrival at the laboratory, samples were immediately stored at -18°C in a freezer until microbiological analysis was performed the following day. Microbiological tests were conducted at the Institute for Tropical Ecology Research (IRET) laboratory in the northern district of Libreville.

BACTERIAL ISOLATION AND IDENTIFICATION

Standardised bacterial culture techniques were employed to isolate and identify bacterial colonies within the samples [8].

1. **Preparation of Stock Solutions:** Chicken pieces were dissected both internally and externally using sterile forceps and scissors. Ten grams of each sample were weighed, mashed in a sterile mortar with 10 ml of sterile water for 5–7 minutes, and filtered through sterile gauze. The filtrate was transferred into pre-labelled, sterile 15 ml plastic tubes corresponding to the sample ID.
2. **Dilutions:** For each dilution, 1 ml of the stock solution was mixed with 9 ml of sterile water in a 15 ml tube using a vortex (Fisher Scientific, France). This formed the 10^{-1} dilution. Further dilutions (10^{-2} and beyond) were prepared by serially transferring 1 ml of the preceding dilution into 9 ml of sterile water.
3. **Detection of Pathogens:**
 - ***E. coli*:** Samples were inoculated on Eosin Methylene Blue (EMB) agar. Colonies displaying a green metallic sheen were presumptively identified as *E. coli* [8, 9].
 - ***Salmonella spp.*:** Samples were enriched in Rappaport-Vassiliadis broth before inoculation on *Salmonella Shigella* (SS) agar. Colonies with a colourless appearance and black centres were identified as *Salmonella spp* [10].
 - ***Staphylococcus spp.*:** Samples were cultured on Chapman agar. Gram staining was performed, and colonies appearing as Gram-positive cocci in grape-like clusters under 100x magnification were identified as *Staphylococcus spp* [11].

SURFACE COLONY COUNTING

Bacterial colonies were counted on each agar plate. Only plates with 15 to 300 colony-forming units (CFU) were considered valid for this analysis. In such cases, the enumeration was conducted according to the following formula:

$$\text{Number of CFU} = (\text{Number of colonies counted} \times \text{Dilution factor}) / \text{Volume of inoculum mL}$$

This method allows for the accurate estimation of the number of viable microorganisms present in the sample. Each colony that develops on the agar surface is then assumed to originate from a single viable bacterium or a cluster of bacteria that have proliferated into a distinct colony.

For effective counting, it is essential to ensure that the colonies are well-distributed and fall within the acceptable range of 15 to 300 CFU per plate, as counting outside this range may lead to inaccurate estimations.

ANTIBIOTIC SUSCEPTIBILITY TESTING

Antibiotic susceptibility was determined using the Kirby-Bauer method on Mueller-Hinton agar (MH) [12]. The following antibiotics were used per the recommendations of the Clinical Laboratory Standards Institute (CLSI) [12, 13]: Amoxicillin + Clavulanic Acid (AMC, 20/10 µg), Aztreonam (ATM, 30 µg), Cefepime (FEP, 30 µg), Cefotaxime (CTX, 30 µg), Ceftazidime (CAZ, 30 µg), Chloramphenicol (C, 30 µg), Ertapenem (ETP, 10 µg), Ofloxacin (OFX, 5 µg), Tetracycline (TEC, 30 µg), Tobramycin (TOB, 10 µg), Trimethoprim/Sulfamethoxazole (1.25/23.75 µg), Vancomycin (VAN, 5 µg), and Oxacillin (OX, 30 µg).

To highlight the presence of extended-spectrum beta-lactamase, the double disc diffusion method was utilised to test for synergy between third-generation cephalosporins and a beta-lactamase inhibitor (Patel and Nagel, 2015). The inoculum was prepared from a freshly cultured pure isolate. An inoculum suspension was created by mixing a pure colony, retrieved with an inoculating loop, with 700 µL of physiological saline (0.9% NaCl) in a sterile 2 ml tube, as previously performed by Mbehang Nguema et al [14]. Inoculation onto Mueller-Hinton agar was conducted using sterile swabs. Subsequently, the antibiotics were applied to the inoculated plates using sterile stainless steel forceps, and the plates were incubated at 37°C for 24 hours.

3 RESULTS

VISUAL ANALYSIS OF SAMPLES

Field observations highlighted factors likely to promote microbial growth, including poor hygiene practices, inadequate refrigeration, and evidence of partial thawing (Table 3).

MICROBIOLOGICAL ANALYSIS

IDENTIFICATION OF BACTERIA

A total of 21 poultry samples were collected, comprising: thighs (n=6), wings (n=9), and drumsticks (n=6). Following culture, isolation, and identification, the metallic green colonies on EMB agar and the black colonies on SS agar were pre-identified as *E. coli* [15] and *Salmonella spp.* [16], respectively. The identification of *E. coli* and *Salmonella spp.* was confirmed using the Api 20 E galleries.

For Staphylococci, enrichment was performed on Chapman agar, as previously described with dilutions E-1 and E-2. All colonies that grew on this medium were subjected to Gram staining. After microscopic observation at 100x magnification, only the purple colonies grouped in clusters resembling grapes were pre-identified as *Staphylococcus spp.*

ENUMERATION OF COLONIES OF SALMONELLA SPP., ESCHERICHIA COLI, AND STAPHYLOCOCCUS SPP.

Based on our results, all samples were contaminated by at least one species of the studied pathogens. Due to the absence of local standards, the microbial content of the samples was compared to Australian and New Zealand guidelines for the microbiological examination of ready-to-eat foods, which define acceptable limits for microbial load in a ready-to-eat food sample [17]. Consequently, the level of microbial contamination in the samples was classified as satisfactory, marginal, or unsatisfactory.

Our findings indicate that CFU/g (colony-forming units per gram) for each isolated bacterium ranged from very high to moderately high. This applies to all bacterial strains identified in the samples collected during our study (Table 2). These values also indicate varying levels of health risks associated with chicken consumption. It is noteworthy that we observed a higher quantity of isolated pathogens in the wings compared to other parts of the chicken (Table 2).

Furthermore, the presence of *Salmonella spp.*, *Escherichia coli*, and *Staphylococcus spp.* was more frequent in samples obtained from retail outlets such as convenience stores and groceries than in those from supermarkets; moreover, this same food exhibited variations in terms of sanitary quality (Table 2).

Tableau 2. Microbiological quality of chicken sold in Libreville stores by category, according to Guidelines for the microbiological examination of foodstuffs

Microorganisms	Microbiological guidelines		Microbiological quality of tested foods		
	Classification	Limits (CFU/g)	Wings (n=9)	Thighs (n=6)	Drumsticks (n=6)
<i>E. coli</i>	Satisfactory	<3	2	2	2
	Marginal	3-100	1	1	0
	Unsatisfactory	≥100	6	3	4
<i>Staphylococcus spp</i>	Satisfactory	10 ²	0	2	2
	Marginal	10 ² -10 ³	3	3	1
	Unsatisfactory	10 ³ -10 ⁴	6	1	3
<i>Salmonella spp</i>	Satisfactory	0 in 25g	0	0	0
	Marginal	-	0	0	0
	Unsatisfactory	0 in 25g	3	1	0
	Negative Culture		6	5	6

FOOD SAFETY PRACTICES AND MICROBIOLOGICAL QUALITY OF FOOD

The correlation between food safety practices and the microbiological quality of food indicates that poor food safety practices (abnormal food colours, improper thawing methods, unpleasant odours from food, foul smells in freezers, and unsanitary conditions in food preparation areas) (Table 3) are primarily associated with a very high health risk due to the presence of significant quantities of microorganisms in food. The emergence of specific microorganisms at unsatisfactory levels is linked to general hygiene practices, facilities, and surrounding environmental parameters. Unsatisfactory levels of food contamination were associated with inappropriate refrigeration methods (thawing food in freezers, improper refrigeration temperatures, etc.).

Tableau 3. Food safety practices and microbiological quality of food

Sample	Food sampled	Observations (hygiene: Colour, texture ...)	Health risk		
			<i>E. coli</i>	<i>Salmonella</i>	<i>Staphylococcus</i>
E1	Thighs	PHP	Very high	Very high	None
E2	Wings	PHP	Very high	None	Very high
E3	Drumsticks	GHP	None	None	Low
E4	Wings	GHP	None	None	Very high
E5	Wings	PHP	Very high	Medium	Moyen
E6	Drumsticks	PHP	Medium	None	Low
E7	Drumsticks	GHP	Medium	None	Low
E8	Thighs	GHP	Low	None	Low
E9	Wings	PHP	None	None	Medium
E10	Drumsticks	PHP	Low	None	Very high
E11	Wings	PHP	Very high	None	Low
E12	Thighs	PHP	None	None	Low
E13	Wings	PHP	Very high	Very high	Very high
E14	Drumsticks	PHP	Low	None	None
E15	Wings	GHP	Low	None	Low
E16	Thighs	GHP	Low	None	Medium
E17	Wings	PHP	None	None	Medium
E18	Thighs	PHP	Medium	None	Very high
E19	Drumsticks	PHP	Very high	None	High
E20	Thighs	MPH	None	None	Low
E21	Wings	MPH	Low	High	Very high

PHP: Poor Hygiene Practice (storage issues, abnormal colour of chicken flesh, cutting tools); **GHP:** Good Hygiene Practice.

ANTIBIOTIC SUSCEPTIBILITY TESTING

After manually placing antibiotic diffusion discs on each Muller Hinton agar plate previously inoculated with identified colonies and incubating for 24 hours, plates exhibiting colonies surrounded by inhibition diameters were interpreted to obtain various resistance profiles.

PREVALENCE OF ANTIBIOTIC RESISTANCE IN FOOD

Among the 11 antibiotics tested, resistance was observed in only 7, representing 63.6%. However, this resistance remains low. It is noteworthy that the production of extended-spectrum beta-lactamase was not detected in either *E. coli* or *Salmonella*. Nevertheless, in *E. coli*, the resistance was higher for Sulphonamides, followed by Cefotaxime, Nitrofurantoin, Ofloxacin, and Ertapenem. In *Staphylococcus* spp., resistance was found solely for Sulphonamides (Table 4).

Tableau 4. Prevalence of Antibiotic Resistance of *E. coli*, *Salmonella* et *Staphylococcus*

Bacteria	AUG	CTX	ETP	SUL	TOB	NIT	OFX
<i>E. coli</i>	0	22,2%	5,5%	27,8%	16,7%	22,2%	5,5%
<i>Salmonella</i>	50%	0	0	0	0	0	0
<i>Staphylococcus</i>	ND	ND	ND	4,76%	0	ND	0

AUG: Amoxicillin/Clavulanic Acid; **CTX:** Cefotaxime; **ETP:** Ertapenem; **SUL:** Sulphamethoxazole; **TOB:** Tobramycin; **NIT:** Nitrofurantoin; **OFX:** Ofloxacin; **ND:** Not determined

4 DISCUSSION

MICROBIOLOGICAL ANALYSES

E. coli is a bacterium frequently used as an indicator of faecal contamination and general hygiene in food products [18]. However, certain strains, such as *E. coli* O157, can cause severe illnesses [19]. According to the standards of the Codex Alimentarius and the International Organisation for Standardisation (ISO), acceptable contamination levels are ≤ 100 CFU/g for *E. coli* and *Staphylococcus spp.*, and 0 CFU/25 g for *Salmonella spp* [17].

The findings of our study revealed that the majority of the pathogens isolated exceeded these thresholds, indicating insufficient hygiene practices in the storage and handling of food in the studied commercial settings [20]. As detailed in Table 3, there is a significant correlation between the presence of specific micro-organisms and poor hygiene practices ($p = 0.0128$). Inadequate practices were observed in approximately 71.4% of cases, compared to only 2.8% of cases where good practices were identified, which explains the high levels of contamination [21].

The substantial presence of pathogenic bacteria in food, particularly in chicken wings, raises concerns about the health risks associated with their consumption. These results are consistent with studies conducted in Algeria [22] and Tanzania [23]. Contamination may result from inappropriate handling by customers or poor storage conditions, such as repeated thawing or deterioration in texture and colour. The popularity of chicken wings in the dietary habits of Libreville's population may also explain this finding. Furthermore, wings are often identified as areas where antibiotic-resistant pathogens tend to concentrate [24]. These findings underscore the need for concerted efforts from producers, vendors, consumers, and authorities to improve food safety standards and safeguard public health.

PREVALENCE OF ANTIBIOTIC RESISTANCE

Antibiotic resistance was observed, albeit moderately, particularly in *Staphylococcus spp.* for sulphonamides and *Salmonella spp.* for AUG. However, it was more pronounced in *E. coli*, especially for sulphonamides. These observations align with studies conducted in Algeria [22] and Tanzania [23].

5 CONCLUSION

This study assessed the sanitary quality of food sold in commercial outlets in Libreville, the economic and administrative capital of Gabon. It highlights deficiencies in hygiene and food safety practices, with high microbial loads observed in certain food types.

The results demonstrate that the sanitary quality of food is largely unsatisfactory, posing public health risks to consumers. These findings should prompt corrective actions involving all stakeholders in the food supply chain to ensure consumer safety.

ACKNOWLEDGMENT

We would like to thank all the members of my Microbiology Laboratory in the Institute for Research in Tropical Ecology (IRET), especially the bacteriology team, as well as the students who took part in this work.

REFERENCES

- [1] Montet, D, «La définition réglementaire de l'aliment en Europe», 2020.
- [2] Jarvis, K.G, et al., «Microbiomes associated with foods from plant and animal sources», Front. Microbiol, Vol. 9, p. 2540, 2018.
- [3] Bastianelli, D. and Le Bas, C, «Evaluation du rôle de l'alimentation animale dans la sécurité des aliments: Perspectives d'actions.» Actes de l'atelier international, CIRAD-FAO, Montpellier, France, 2002.
- [4] Hadji Feyrouz, B.I, «Analyse physico-chimique et microbiologique de l'eau », 2020.
- [5] NDJAMBOU, L.E, «L'aéroport international de Libreville: entre logique d'implantation des activités de services et préoccupations environnementales.», Geo-Eco-Trop, Vol. 37, No 1, pp 137-148, 2013.
- [6] Fages, R. and Bricas, N, «L'alimentation des villes. Quels rôles des collectivités du Sud?», 2017.
- [7] Linden, G, «Qualité et sécurité des aliments: réalités et enjeux pour les pays tropicaux», CIRAD, 2001.
- [8] Oluduro, A.O, «Antibiotic-resistant commensal Escherichia coli in faecal droplets from bats and poultry in Nigeria», Vet. Ital, Vol. 48, No 3, pp 297-308, 2012.

- [9] Gheid, S, Nadji, S. and Khebbeb, M.E.H, «Taux des lipides et des protéines et composition en acides gras du tissu comestible des crustacés et des mollusques pêchés en Algérie: Effet du halofénazide (RH-0345) sur la composition en acides gras de *Penaeus kerathurus* (Crustacé, Décapode) », Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie, Vol. 22, pp 37-43, 2010.
- [10] Meteab, B.K. and Abed, A.A.A, «Isolation and identification of *Salmonella* serotypes in poultry», Al-Qadisiyah J. Vet. Med. Sci, Vol. 17, No 1, pp 75-80, 2018.
- [11] Milani, M, Curia, R, Shevlyagina, N.V. and Tatti, F, «Staphylococcus aureus, in Bacterial Degradation of Organic and Inorganic Materials: Staphylococcus aureus Meets the Nanoworld», Springer, pp 3-20, 2023.
- [12] Patel, T.S. and Nagel, J.L, «Clinical outcomes of Enterobacteriaceae infections stratified by carbapenem MICs», J. Clin. Microbiol, Vol. 53, No 1, pp 201-205, 2015.
- [13] Bauer, A, Kirby, W, Sherris, J.C. and Turck, M, «Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method», Am. J. Clin. Pathol, Vol. 45, No 4, pp 493, 1966.
- [14] Mbehang Nguema, P.P, et al., «Characterization of ESBL-producing enterobacteria from fruit bats in an unprotected area of Makokou, Gabon», Microorganisms, Vol. 8; No 1, p. 138, 2020.
- [15] Hossain, M.I. and Ali, M.S, «Aspergillus niger grows faster than *Escherichia coli* in eosin methylene blue media and deter their growth by reducing the pH of the media», J. Adv. Biotechnol. Exp. Ther, Vol. 5, No 1, 2022.
- [16] Waltman, W. D, «Methods for the cultural isolation of Salmonella», *Salmonella* in domestic animals, pp 355-372, (2000).
- [17] Loukieh, M, et al., «Street foods in Beirut city: An assessment of the food safety practices and of the microbiological quality», J. Food Saf, Vol. 38, No 3, p. e12455, 2018.
- [18] Khan, F.M. and Gupta, R, «*Escherichia coli* (*E. coli*) as an Indicator of Fecal Contamination in Groundwater: A Review», Sustainable Development of Water and Environment: Proceedings of the ICSDWE2020, pp 225-235, 2020.
- [19] Régional de l'Afrique, C, «Sécurité sanitaire des aliments et santé: une stratégie pour la Région africaine de l'OMS: rapport du Directeur régional», OMS, Bureau régional de l'Afrique, 2007.
- [20] Kamboj, S, et al., «Food safety and hygiene: A review», Int. J. Chem. Stud, Vol. 8, No 2, pp 358-368, 2020.
- [21] Valero, A, et al., «Risk factors influencing microbial contamination in food service centers.», Significance, prevention and control of food related diseases, Vol. 27, 2016.
- [22] Tabet, N. and Tesbia, K, «Evaluation des risques de toxi-infection alimentaire collective et de l'effet antibactérien de quelques extraits végétaux», Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri, 2017 [online] available: <https://dspace.ummto.dz/server/api/core/bitstreams/8b0cde62-17f0-475e-8986-91698ebd353c/content>.
- [23] Akyoo, A. and Lazaro, E, «Institutional Capacity for Standards Conformity Assessment: A case study on spices in Tanzania», DIIS Working Paper, 2008.
- [24] Bilge, N, Vatansever, L. and SEZER, Ç, «Antibiotic resistance of *Salmonella* spp. isolated from raw chicken wings», Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, Vol. 24, No 3, 2018.

Effets des amendements de résidus ligneux de *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hocht sur la biomasse adventice, les performances agronomiques du sorgho et la qualité résiduelle du sol en contexte semi-aride

[Effects of *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hocht woody residue amendments on weed biomass, agronomic performance of sorghum and residual soil quality in a semi-arid context]

Daouda Guebre^{1,4}, Safiatou Sanna², Gouwidida Elice Kabore¹, Aminata Tandyande³, and Edmond Hien^{2,4}

¹Centre Universitaire de Ziniaré, Université Joseph Ki-Zerbo, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso

²Université Joseph Ki-Zerbo, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso

³Direction régionale de l'agriculture des ressources animales et halieutiques du Centre-Ouest, Koudougou, Burkina Faso

⁴LMI-IESOL, Centre de Recherche de Bel Air, BP 1386, Dakar, Senegal

⁵Institut de Recherche pour le Développement (IRD), 01 BP 182, Ouagadougou 01, Burkina Faso

Copyright © 2025 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: Woody amendments based on Fragmented Ramial Wood (FRW) could constitute a viable alternative in order to alleviate soil fertility problems. Our study aims to assess the influence of FRW from *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hochst on the dynamics of weed biomass and the agronomic performance of sorghum and residual soil quality in a Sudano-Sahelian context. The study was located in central Burkina Faso. The experimental design was organised into 4 completely randomised Fisher blocks with eight (8) treatments each: Absolute Control (AC), Manure (M), Combined Crops (CC), Urea (N), FRW used alone (FRW), FRW+Manure (FRW+M), FRW+Combined Crops (FRW+CC), FRW+Urea (FRW+N). The results showed that the FRW+F treatments were significantly the most competitive in terms of improving moisture content (+32.62%), infiltration (+49.73%), soil density (+8.29%), pH (+11.29%), soil macrofaunal density (+91.75%), and soil carbon, nitrogen and phosphorus content. Sorghum growth was greater under F treatments (+84.93%). Furthermore, weed biomass was lower on plots with FRW than on plots without FRW, with the exception of the FRW+N treatment. Weed biomass remains negatively correlated with carbon and nitrogen content and plant growth (under F). This practice deserves to be optimised for sustainable soil conservation in the Sudano-Sahelian context.

KEYWORDS: woody amendments, weed biomass, nitrogen sources, sorghum, sudano-sahelian.

RESUME: Les amendements ligneux à base des Bois et Raméaux Fragmentés (BRF) pourraient constituer une alternative viable à la dégradation des sols. L'objectif de notre étude est d'évaluer l'influence du BRF de *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hochst sur la dynamique de la biomasse adventice, les performances agronomiques du sorgho et la qualité résiduelle du sol en contexte soudano-sahélien. L'étude a été conduite au Centre du Burkina Faso. Le dispositif expérimental est organisé en 4 blocs de Fisher complètement randomisés avec huit (8) traitements chacun: Témoin Absolu (TA), Fumier (F), Cultures Associées (CA), Urée (N), BRF utilisés seuls (BRF), BRF+Fumier (BRF+F), BRF+Cultures Associées (BRF+CA), BRF+Urée (BRF+N). Les résultats ont montré que les traitements BRF+F ont été les plus compétitifs sur l'amélioration de l'humidité (+32,62%), l'infiltration

(+49,73%), la densité apparente (+8,29%), le pH (+11,29%) la densité macrofaunique des sols (+91,75%), les teneurs en carbone, en azote et en phosphore des sols. La croissance du sorgho a été plus importante sous traitements F (+84,93%). Par ailleurs, la biomasse adventice a été plus faible sur les parcelles avec BRF comparativement aux témoins, excepté le traitement BRF+N. La biomasse adventice a été négativement corrélée aux teneurs en carbone, en azote et à la croissance des plants (sous F). Cette pratique mérite d'être optimisée pour une conservation durable des sols en contexte soudano-sahélien.

MOTS-CLEFS: amendements ligneux, biomasse adventice, sources azotées, sorgho, soudano-sahélien.

1 INTRODUCTION

La dégradation des sols est un phénomène préoccupant au niveau mondial avec, dix (10) millions d'hectares de terres cultivables perdues chaque année [1]. Elle est considérée comme l'un des défis les plus urgents à relever par les politiques et les scientifiques [2] car affectant la productivité des écosystèmes naturels qu'ils soient agricoles, pastoraux ou forestiers. Les conditions climatiques jumelées aux facteurs anthropiques exposent les sols à l'érosion, détruisant ainsi sa structure [3]. Particulièrement, l'Afrique sub-saharienne présente l'un des taux de dégradation des sols les plus élevés [4] avec un impact négatif considérable sur la sécurité alimentaire et la lutte contre la pauvreté. Plus de la moitié de la population est touchée par les processus de dégradation dont les issues urgentes d'autosuffisance alimentaire et de bien être nécessitent des investissements considérables [5].

Au Burkina Faso, la forte variabilité climatique et la forte croissance démographique accentuent les pressions sur les terres agricoles. Dans ce contexte environnemental très crucial, les pratiques agroécologiques par leurs approches écosystémiques sont à la portée des petits exploitants agricoles et apparaissent comme des alternatives viables pour relever le défi de la durabilité des systèmes agricoles. Ces pratiques s'avèrent indispensables pour stimuler l'utilisation efficiente des processus naturels, améliorer le cycle des nutriments et accroître la diversité biologique des agrosystèmes y compris celle de la biodiversité des sols et de l'agroforesterie [6]. Les pratiques agroécologiques comprennent les technologies agroforestières et agropastorales qui peuvent bâtir des systèmes agricoles résilients. Les potentialités des arbustes sempervirents (*Guiera senegalensis* J.F.Gmel, *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst) en association avec les cultures pour soutenir le fonctionnement du sol ont fait l'objet de plusieurs recherches dans les agrosystèmes sahéliens [7, 8]. Des études récentes ont montré que l'association des cultures avec l'arbuste *Piliostigma reticulatum* présente des effets significatifs sur les rendements en améliorant la diversité microbienne [9] et les cycles biogéochimiques [7]. Ainsi, face à la compétition récurrente sur les résidus des cultures pour le fourrage et autres usages domestiques dans les systèmes agricoles [10], la biomasse des arbustes agroforestiers au lieu d'être brûlés et exportés lors des friches, pourraient être utilisés comme paillages agroforestiers. L'intérêt de telles pratiques est d'améliorer la structure du sol, le statut organique du sol et les cycles biogéochimiques des nutriments. Toutefois, les processus de décomposition des biomasses ligneuses sont multiples, complexes et dépendant de la disponibilité de l'azote [11]. En effet, de nombreuses études ont souligné l'immobilisation de l'azote lors de la décomposition des substrats organiques ligneux due à leur faible teneur en azote [12-14]. En revanche, la pratique pourrait être améliorée par un apport supplémentaire de sources azotées pour atténuer les effets d'immobilisation de l'azote par les microorganismes [15].

Par ailleurs, Peerzada, Ali [16] ont montré que les levées indésirables des adventices peuvent occasionner entre 15 et 97% de chute de rendement des cultures dans ces agrosystèmes. En effet, le choix de la biomasse ligneuse et la date d'application pourraient influencer l'apport en azote des sols et l'émergence des adventices. Cependant, ces pertes de production dépendent de la variété, du cortège floristique, du niveau d'infestation, de la durée de l'enherbement et des conditions écologiques [17]. Ainsi, l'influence de la levée indésirable des adventices qui pourrait être occasionnée par la couverture de la biomasse ligneuse, sur le statut nutritionnel des sols et les performances des cultures mérite d'avantage d'être élucidée [18]. Cette étude se propose d'évaluer les effets des amendements ligneux combinés ou non à différentes sources azotées sur la dynamique de la biomasse adventice et les performances agronomiques du sorgho en contexte soudano-sahélien.

L'objectif général de cette étude est d'évaluer l'influence de la biomasse adventice sur les performances agronomiques du sorgho et la qualité résiduelle du sol en contexte après un paillage à base de bois et raméaux fragmentés (BRF) de *Piliostigma reticulatum*. Plus spécifiquement, il s'agit de déterminer l'effet des amendements à base de ligneux sur les indicateurs biophysiques ainsi que sur la productivité des sols. Les hypothèses suivantes sont testées: les amendements à base de ligneux améliorent (i) le taux de carbone et des nutriments majeurs (N, P), (ii) la structure du sol et la rétention en eau des sols et (iii) la biomasse adventice et la croissance des cultures.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 SITE D'ÉTUDE

La station expérimentale de Gampèla a servi de cadre à cette étude. Elle est située dans la province du Kadiogo de la région du Centre à environ 25 km à l'Est de Ouagadougou (Burkina Faso). Cette station se situe entre les parallèles 12°24,613' et 12°25,413' de latitude Nord et les méridiens 1°20,464 et 1°21,652 de longitude Ouest. Le couvert végétal à Gampèla est constitué essentiellement par la savane arborée, la savane arbustive et les formations de bas-fond [18]. Le régime pluviométrique comme dans le reste du pays, présente une seule saison pluvieuse caractérisée par sa variation spatio-temporelle. La moyenne pluviométrique de la dernière décennie était de 977mm et celle de l'année en cours 129 mm.

2.2 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL ET TRAITEMENTS

Le dispositif expérimental est organisé en quatre (04) blocs de Fisher complètement randomisés et comportant huit (8) traitements chacun: Témoin Absolu (TA), le Fumier (F), les Cultures Associées (CA), l'Urée (N), les Bois Raméaux Fragmentés utilisés seuls (BRF), les Bois Raméaux Fragmentés avec Fumier (BRF+ F), les Bois Raméaux fragmentés avec Cultures Associées (BRF +CA), les Bois Raméaux Fragmentés avec Urée (BRF+N). Chaque parcelle représente un traitement et fait 5 m × 5 m de côté, soit une superficie de 25 m². Toutes les parcelles sont espacées de 1 m l'une de l'autre.

Toutes les parcelles ont été labourées (5 cm) avant l'application des traitements. Les graines de sorgho ont été semées 30 jours après l'application des BRF. Le démariage a consisté à laisser deux plants de sorgho dans le même poquet. Le désherbage a été fait manuellement selon la pratique paysanne et les densités de semis ont été de 33 600 poquets ha⁻¹.

Pour la conduite de l'expérimentation, la variété de sorgho *Kapelga* ou sorgho blanc a été utilisée. Son rendement potentiel en grains atteint 1 500 kg/ha en milieu paysan et 1 à 2 500 kg/ ha en station. Sa durée de semi-maturité est de 90 à 100 jours. La variété est stable avec une bonne qualité organoleptique. Elle présente une bonne résistance à la sécheresse, aux agents fongiques et aux différents ravageurs que constituent les insectes des panicules et les foreurs de tiges. Le niébé de variété *Komcallé* est utilisé dans ce contexte comme une source azotée. Ces spéculations sont issues de la station de recherche INERA (Institut National de l'Environnement et de la Recherche Agronomique du Burkina Faso).

Pour ce qui est de la fumure organique, nous avons utilisé du fumier issu de déjections d'ovins à raison de 9 tMS/ha par parcelle élémentaire. Un amendement localisé est appliqué (200g/poquet) dans des poquets et refermé avant semis. Les amendements ligneux utilisés pour le traitement des parcelles sont des raméaux fragmentés de *P. reticulatum* manuellement coupés grossièrement (environ 30 cm de longueur et 2 cm de diamètre). L'épandage s'est fait à la dose de 3 tMS/ha/an soit 15 kg de *Piliostigma reticulatum* découpés grossièrement et épandus sur les parcelles élémentaires concernées simultanément au Fumier. L'urée (46% N) a été utilisée à la dose de 50 kg/ha par parcelle élémentaire, 45 jours après semis en apport localisé, soit 0,89 g / poquet. L'objectif est de provoquer le départ rapide d'une chaîne alimentaire mettant en jeu des organismes vivants bénéfiques pour la qualité du sol.

2.3 COLLECTE DES DONNÉES DE TERRAIN

2.3.1 MESURES DE LA CROISSANCE DES PLANTS

Au 30^{ième} Jours après semis (JAS), la hauteur et le diamètre de chaque plant de sorgho identifié a été mesurée de la surface du sol à l'extrémité apicale avec un mètre ruban; tandis que le diamètre a été évalué avec un pied à coulisse. Les mesures ont concerné les plants de la surface utile, soient 24 plants par parcelle élémentaire. Les deux (02) poquets de début et de fin de chaque ligne concernée n'ont pas été pris en compte afin d'éviter les effets bordures.

2.3.2 ECHANTILLONNAGE DU SOL

L'échantillonnage du sol a été réalisé à l'aide d'une tarière sur la couche 0-10 cm dans chaque parcelle, deux (02) mois après semis. Pour ce faire, des prélèvements élémentaires ont été faits à trois (03) niveaux sur la diagonale de chaque parcelle, pour constituer un échantillon composite par parcelle. Tous les échantillons ont été séchés à l'air ambiant et tamisés à 2 mm pour les analyses de laboratoire.

2.4 MESURES DE TERRAIN ET DE LABORATOIRE

Les mesures de terrain ont été effectuées sur des sols non perturbés avant semis. La densité apparente a été déterminée par la méthode des cylindres sur la couche 0-10 cm [19]. La teneur en eau du sol et la température en subsurface (0-10 cm) ont été effectuées sur trois (03) points de la diagonale de la parcelle à l'aide d'un humidimètre à sonde. La texture du sol a été déterminée par la méthode internationale à la pipette Robinson. La perméabilité du sol a été mesurée en période sèche sur toutes les parcelles. A cet effet la méthode BEST (Beerkan Estimation of Soil Transfer parameters) [20] avec un simple anneau a été utilisée. La technique d'échantillonnage de la macrofaune des sols utilisée a été la méthode TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility) préconisée par Anderson and Ingram [21]. L'inventaire de la macrofaune du sol a été fait à quatre-vingt-dix (90) jours après épandage du BRF sur l'ensemble des traitements pour appréhender leur influence sur la structure du sol. L'inventaire de la biomasse adventice a été réalisé pendant le stade de végétation du sorgho, par la technique du « tour de champs » [22]. Des prélèvements de la biomasse adventice (avec 2 mois d'intervalles) ont été effectués suivant la densité de la biomasse adventice par la méthode adaptée de Dessaint, Chadoeuf [23]. Tous les échantillons ont été séchés au soleil puis à l'étuve à 50°C (72h) pour obtenir les poids secs. La levée des plants a été évaluée par simple comptage sur l'ensemble de la parcelle. La détermination du pH a été faite selon la norme Afnor [24]. Le carbone organique du sol a consisté en un dosage selon la méthode Walkley and Black [25]. La mesure de l'azote a été faite selon la méthode kjeldhal reprise par Novozamsky, Houba [26]. Pour le dosage du phosphore assimilable, la méthode utilisée est celle de Bray 1 [27]

2.5 ANALYSES STATISTIQUES

Les analyses statistiques avec le logiciel R (3.5.2) ont inclus les statistiques descriptives des différents paramètres de sols en fonction des traitements (moyenne, écart type), les tests d'hypothèses et de comparaisons de moyennes. Les différences par paires ont ensuite été effectuées en utilisant les comparaisons multiples de Tukey (au seuil de 5%).

2.6 RESULTATS

2.6.1 BILAN DES TRAITEMENTS SUR LA QUALITÉ RÉSIDUELLE DU SOL

Le tableau 1 ci-dessous fait ressortir le bilan récapitulatif de l'influence des amendements de BRF sur la l'évolution de la qualité du sol. Sur le plan physique, les traitements avec BRF présentent un taux d'humidité et une vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol, plus importants comparativement aux traitements sans BRF. Ce sont surtout les traitements BRF (pour la densité apparente) et BRF+F (pour l'humidité) qui ont été les plus distinctifs, comparés à l'ensemble des traitements avec BRF. Ces résultats ont été statistiquement significatives ($p < 0,05$). En outre, la température et la densité apparente ont montré des tendances similaires; elles ont été généralement plus faibles sous les parcelles avec BRF comparativement à leur témoin respectif. Cependant, seule la température a montré une différence significative entre traitements ($p < 0,05$). Pour ce qui concerne la densité apparente, nous constatons des légères variations entre tous les traitements, bien qu'elles ne soient pas significatives ($p = 0,66$).

Au plan chimique, les résultats ont montré des valeurs de pH et de carbone organique des sols plus importants sous traitement BRF+F comparativement aux autres traitements. Cependant, les analyses statistiques montrent des différences significatives entre tous les traitements ($p < 0,05$). Les valeurs de pH oscillent entre 6,02 (BRF+F) et 5,76 (TA). Les teneurs en carbone ont augmenté sous amendements BRF par rapport aux traitements sans BRF (BRF= 1,23 g/100 g; contre celle de témoin absolu (TA= 0,78g/100 g). Les teneurs en azote sous amendements BRF et sans apport de BRF sont à peu près similaires. Les meilleures quantités en azote sont observées sous traitements F et BRF+F, par rapport à l'ensemble des traitements. Ces différences ont été statistiquement significatives au seuil de 5% selon le test de Tukey ($p = 0,000$). En outre, les teneurs en potassium assimilable ont été boostées ($p = 0,000$) par les apports de BRF comparativement aux témoins respectifs. Les plus grandes valeurs ont été observées sous BRF+F (88,71ppm) et sous BRF+N (81,19 ppm). Quant à la teneur en phosphore assimilable des sols, les différences significatives ont été constatées au niveau des traitements BRF+F (5,75 ppm en moyenne) comparativement à l'ensemble des traitements.

Au plan biologique, les résultats indiquent que les amendements ligneux entraînent des fortes densités des populations de macrofaune des sols par rapport aux témoins sans apport du BRF, exception faite de BRF+CA. En effet, sous les traitements à BRF nous avons enregistré une densité moyenne de 32,25 individus/m². Quant à la biomasse macrofaunique, les résultats ont montré des tendances assez contrastées sous les parcelles à BRF par rapport aux parcelles sans BRF.

Tableau 1. Bilan de l'influence des amendements de BRF sur l'évolution de la qualité du sol

Traitement	H (%)	T(°C)	INF(m/s)	Da (g/cm ³)	pH	C (%)	N%	K(ppm)	P (ppm)	DM	BM (mg)
BRF	41,5 ^{bc}	32 ^a	1,91 ^b	1,9 ^a	5,74 ^{ab}	1,23 ^c	0,08 ^{ac}	58,69 ^b	3,67 ^a	32,25 ^b	97,25 ^a
BRF+CA	45 ^c	31,33 ^a	1,29 ^{ab}	1,77 ^a	5,66 ^{ab}	0,99 ^b	0,08 ^{ac}	65,11 ^b	3,82 ^a	2,66 ^a	44,5 ^a
BRF+F	45,8 ^c	32,08 ^a	1,55 ^{ab}	1,83 ^a	6,02 ^b	1,26 ^c	0,09 ^c	88,71 ^d	5,75 ^b	5,33 ^a	12 ^a
BRF+N	43,31 ^{bc}	32,43 ^a	1,93 ^b	1,89 ^a	5,75 ^{ab}	0,78 ^a	0,07 ^a	81,19 ^c	3,6 ^a	17,08 ^{ab}	15 ^a
CA	39,08 ^{ac}	32,66 ^a	0,96 ^a	1,88 ^a	5,34 ^a	1,11 ^{bc}	0,09 ^{bc}	41,4 ^a	3,35 ^a	5,91 ^a	8,13 ^a
F	38,08 ^{ac}	35 ^b	1,02 ^a	1,84 ^a	5,76 ^{ab}	1,2 ^c	0,09 ^c	62,17 ^b	3,81 ^a	2,66 ^a	61 ^a
N	33,66 ^{ab}	35,86 ^b	1,11 ^a	1,83 ^a	5,43 ^{ab}	0,99 ^b	0,08 ^{ac}	45,004 ^a	3,51 ^a	11,24 ^a	201 ^a
TA	30,86 ^a	36,08 ^b	1,04 ^a	1,93 ^a	5,65 ^{ab}	0,78 ^a	0,07 ^{ab}	47,09 ^a	3,55 ^a	11,78 ^a	110,9 ^a
p value	0,000	0,000	0,000	0,66	0,04	0,000	0,000	0,000	0,5	0,000	0,29

H: Humidité; T: Température; INF: Infiltration; Da: Densité Apparente; C: Carbone; N: Azote; K: Potassium; Phosphore; DM: Densité Macrofaunique; BM: Biomasse Macrofaunique; BRF: bois et rameaux fragmentés; TA: Témoin absolu; CA: Culture associée; N: Urée; F: Fumier; BRF: BRF seul; BRF+CA: BRF+ Cultures associées; BRF+N: BRF+ Urée; BRF+F: BRF+ Fumier; n=4;

Les nombres représentent les moyennes; Pour chaque variable considérée, les moyennes affectées de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5%

2.6.2 EFFETS DES TRAITEMENTS SUR LES PARAMÈTRES AGRONOMIQUES DU SORGHO

2.6.2.1 EFFETS DES TRAITEMENTS SUR LE TAUX DE LEVÉE DU SORGHO

L'utilisation du BRF à base de *Piliostigma reticulatum* enrichis ou non avec différentes sources d'azote, n'a pas impacté le taux de levée du sorgho en comparaison aux parcelles témoins (Figure 1). En outre, ce sont les parcelles TA et CA qui ont présenté des taux de levée similaires et les plus importants (79%) par rapport à tous les traitements. Les analyses statistiques ont montré des différences significatives entre traitements ($p > 0,05$).

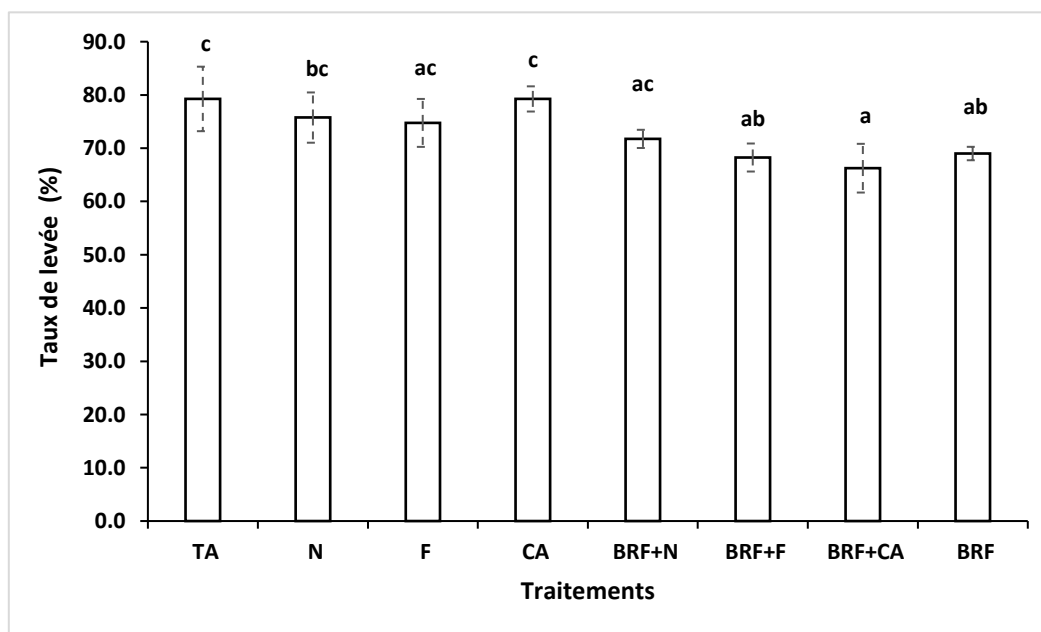


Fig. 1. Evolution du taux de levée en fonction des traitements

2.6.2.2 EFFETS DES TRAITEMENTS SUR LA HAUTEUR DES PLANTS

De façon générale, le BRF enrichi au fumier présente une meilleure croissance du sorgho avec un taux moyen de 36,88% par rapport à l'ensemble des traitements BRF (Figure 2). Cependant, c'est le traitement à base de fumier utilisé seul qui a été

le plus compétitif (+84,93%) par rapport au témoin absolu (TA). Par ailleurs, la hauteur des plants sous BRF utilisé seul, a été la plus basse comparativement à l'ensemble des traitements.

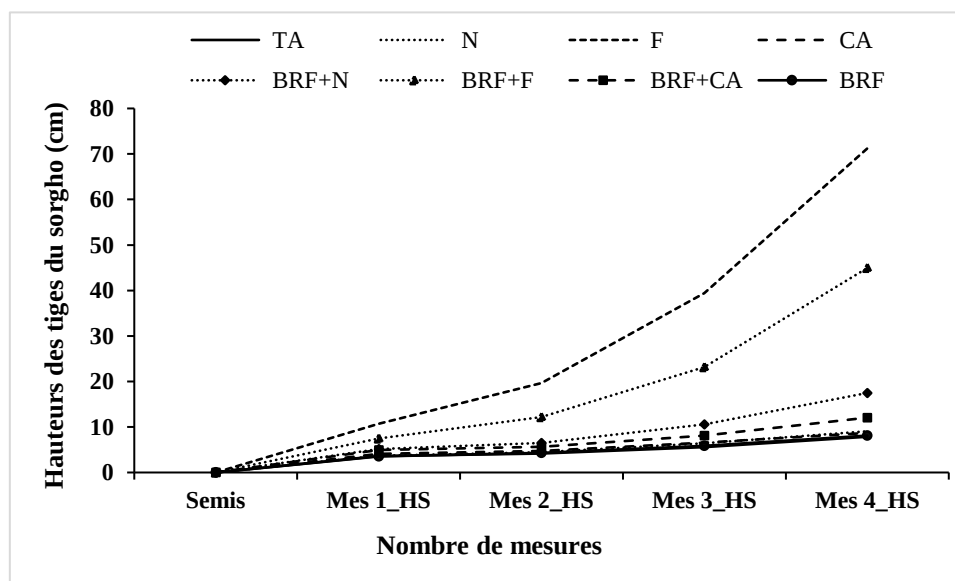


Fig. 2. Croissance en hauteurs des plants de sorgho en fonction des traitements

Mes: mesures; HS: Hauteur du sorgho

2.6.2.3 EFFETS DES TRAITEMENTS SUR LES DIAMÈTRES DES PLANTES

A l'instar des hauteurs, le BRF enrichi au fumier présente une meilleure croissance en diamètre du sorgho avec un taux moyen de 17,54% par rapport à l'ensemble des traitements BRF (Figure 3). Cependant, c'est le traitement à base de fumier utilisé seul qui a été le plus compétitif (+35,63%) par rapport au témoin absolu (TA). Par ailleurs, le diamètre des plants sous BRF utilisé seul, a été plus faible comparativement à l'ensemble des traitements.

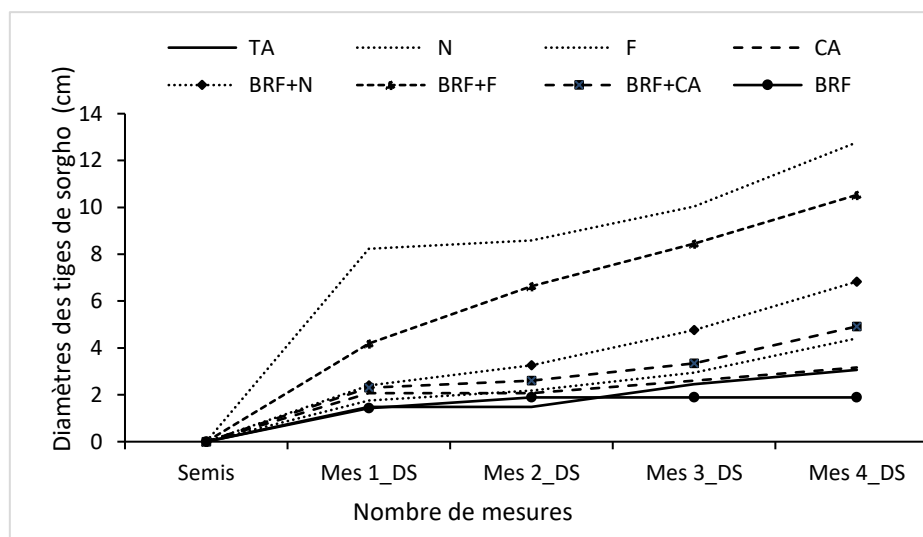


Fig. 3. Croissance en diamètres des plants de sorgho en fonction des traitements

Mes: mesures; DS: Diamètres du sorgho

2.6.3 EFFETS DES TRAITEMENTS SUR LA DYNAMIQUE DE LA BIOMASSE ADVENTICE

L'inventaire de la flore adventice montre un taux moyen en nombre d'espèces presque similaire sur les parcelles, exception faite du traitement N et BRF+N (Figure 4). Il ressort de nos résultats que les traitements BRF additionnés ou non aux autres sources d'azote ne présentent pas de différences statistiques entre eux sur le nombre d'espèces adventice.

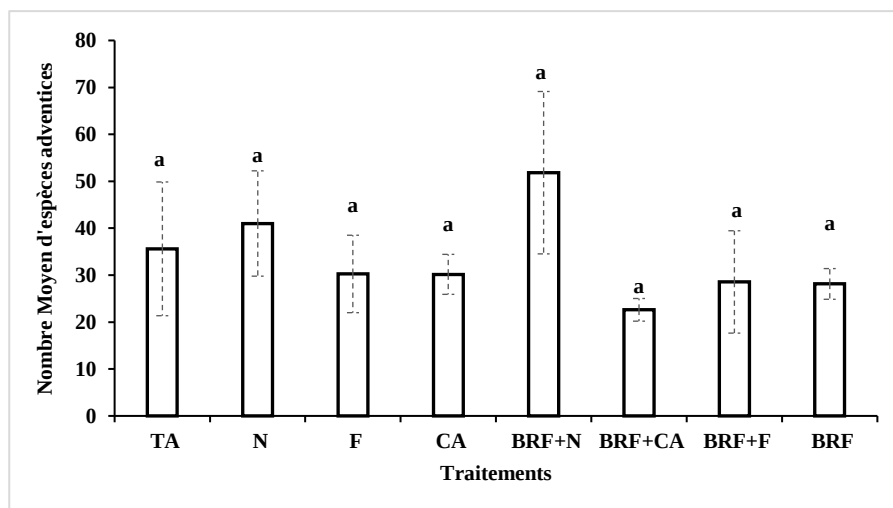


Fig. 4. Variation du nombre moyen d'espèces adventices en fonction des traitements

BRF: bois et rameaux fragmentés; **TA:** Témoin absolu; **CA:** Culture associée; **N:** Urée; **F:** Fumier; **BRF:** BRF seul; **BRF+CA:** BRF+ Cultures associées; **BRF+N:** BRF+ Urée; **BRF+F:** BRF+ Fumier; n=4;

Pour ce qui est de la biomasse adventice, elle a été globalement plus abondante sur tous les traitements au niveau de la première évaluation comparativement à la deuxième évaluation (Figure 5). Spécifiquement, tous les traitements sans apports de BRF ont stimulé la biomasse adventice comparativement aux traitements avec apports de BRF, à l'exception du BRF+N. Si le traitement avec l'Urée apporté seul (N) a été plus important (56 g) à la première évaluation parmi les traitements sans BRF, c'est le traitement avec Fumier apporté seul (F) qui s'est montré plus compétitif (34 g) dans la production de la biomasse adventice au deuxième temps de mesure. Toutefois, quel que soit la période d'évaluation considérée, c'est sous BRF+N que la biomasse adventice a été plus importante. Au plan statistique, les différences de productions de biomasses adventices n'ont pas été significatives entre traitements au premier temps de mesure. En revanche, le deuxième temps de mesure a révélé des différences significatives entre traitements.

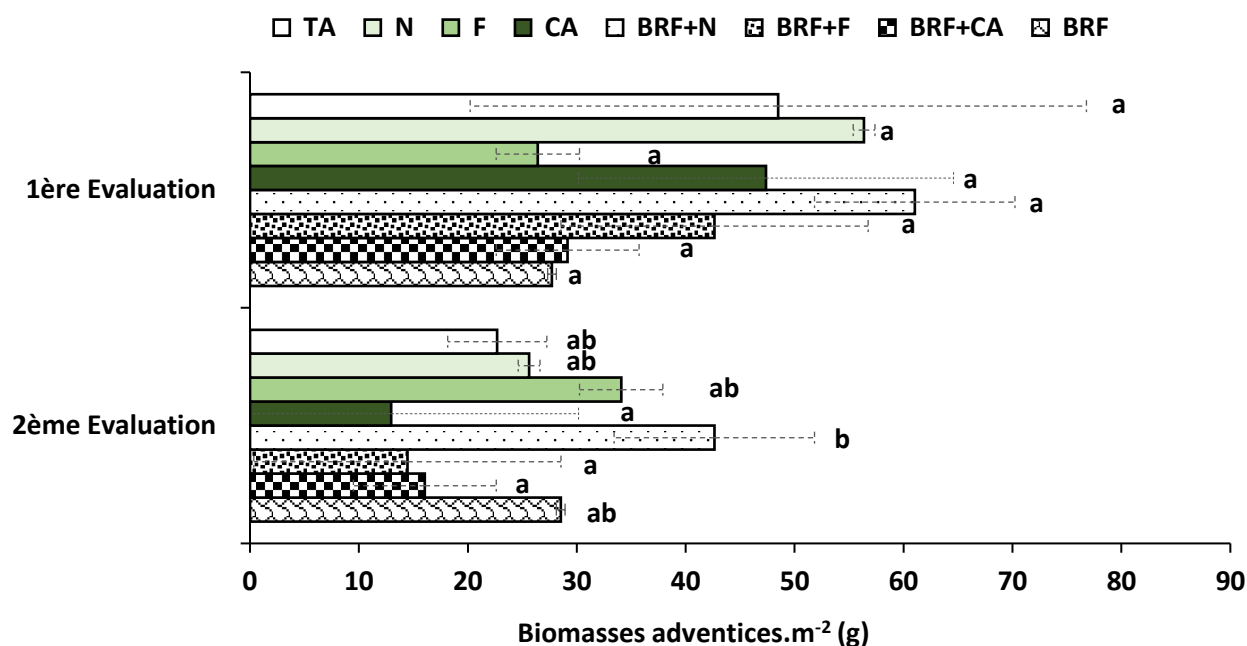


Fig. 5. Evolution de la biomasse adventice en fonction des traitements

BRF: bois et rameaux fragmentés; **TA:** Témoin absolu; **CA:** Culture associée; **N:** Urée; **F:** Fumier; **BRF:** BRF seul; **BRF+CA:** BRF+ Cultures associées; **BRF+N:** BRF+ Urée; **BRF+F:** BRF+ Fumier; n=4;

2.6.4 CORRÉLATIONS ENTRE PARAMÈTRES DU SOL, BIOMASSES ADVENTICES ET PERFORMANCE DE LA CULTURE DU SORGHU

La figure 6A traduit les interactions entre la densité des adventices, les propriétés des sols et la croissance des plants. L'analyse en composantes principales (ACP) a révélé que le pH, est positivement corrélées avec la hauteur et le diamètre des tiges de sorgho; bien que la relation entre la croissance des plants et les autres paramètres chimiques soient moins importante. Si la production moyenne en biomasse adventice a été positivement corrélée à la densité apparente des sols, elle a montré cependant une relation négative avec les teneurs en phosphore, azote et carbone organique des sols. De même, la relation entre biomasse adventice et croissance des plants a été négative.

L'analyse a permis également de distinguer quatre (04) groupes de traitements suivant les axes et constitués par l'ensemble des variables (figure 6B): le groupe TA et BRF+N est dominé seulement par deux paramètres (densité apparente et biomasse herbacée); le groupe de BRF, BRF+CA, CA, N formé par les autres paramètres non illustrés; le groupe de F est dominé par la hauteur, le diamètre et le pH puis celui de BRF+F qui est dominé par les paramètres chimiques (phosphore, azote et COS). Le cumul des contributions a atteint 60,84% (Dim1 a expliqué 43,03% et Dim2 a expliqué 17,81%).

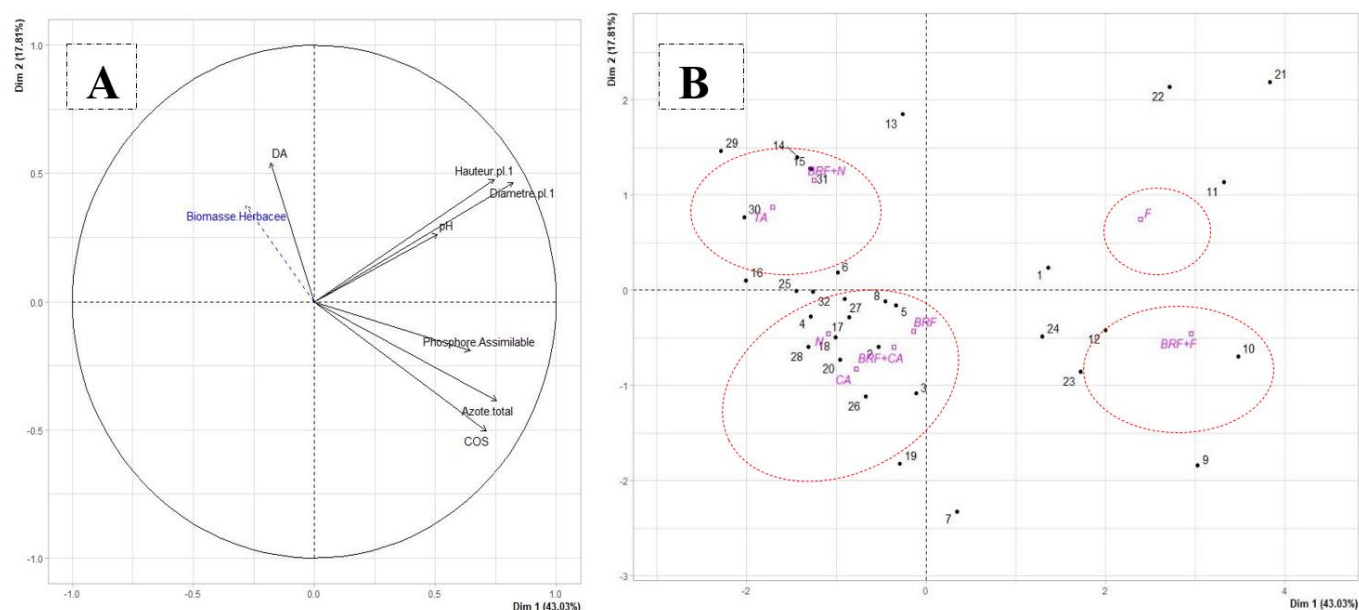


Fig. 6. Analyse en composantes principales (ACP) des paramètres des sols et des plants sous différents traitements (A) et de leur carte factorielle (B)

herbacée: adventice; **BRF:** bois et rameaux fragmentés; **TA:** Témoin absolu; **CA:** Culture associée; **N:** Urée; **F:** Fumier; **BRF:** BRF seul; **BRF+CA:** BRF+ Cultures associées; **BRF+N:** BRF+ Urée; **BRF+F:** BRF+ Fumier; $n=4$;

3 DISCUSSION

3.1 EFFETS DES TRAITEMENTS SUR LA QUALITE RESIDUELLE DES SOLS

Les résultats sur l'humidité de surface du sol se sont montrés variables suivant les différents traitements, bien qu'elle reste généralement élevée sous BRF par rapport aux témoins. Les travaux de [18] avaient également montré l'effet positif du paillage sur l'humidité du sol. Cela démontre bien le rôle clé des amendements ligneux appliqués en mulch sur les propriétés hydriques des sols. Les taux élevés d'humidité s'expliqueraient par le fait que les amendements BRF limitent les pertes d'eau par ruissellement ainsi que les pertes par évaporation [28], favorisant ainsi l'infiltration [29]. La température au niveau des traitements à base du BRF présente une tendance à la baisse comparativement aux témoins sans apport du BRF à l'exception du CA. Ce qui signifierait que le paillis impact la température du sol à travers l'ombrage qu'il crée à l'instar de la culture du niébé. En outre, les parcelles à BRF présentent un taux d'infiltration intéressant comparativement aux parcelles sans apport du BRF. Ainsi, la couverture du sol a permis de diminuer la vitesse de ruissellement de l'eau et favoriser un meilleur stockage de cette eau à la surface du sol. Nos résultats corroborent ceux de Guébré, Traoré [18] qui ont obtenu après cinq (05) années d'amendements successifs à base de BRF de *P. reticulatum* des augmentations significatives de la vitesse d'infiltration de l'eau. Le même auteur a précisé que ces hausses d'humidité ont remarquablement stimulé l'activité de la macrofaune. Ce constat justifie bien les faibles valeurs de densité apparente et le nombre élevé de macrofaune enregistrés sous BRF.

Ainsi, le paillage ligneux à base de BRF de *P. reticulatum* pourrait bien être une alternative aux résidus de culture qui sont utilisés à d'autres fins restant toujours insuffisant dans nos agrosystèmes soudano-sahéliens, soumis à de nombreux défis environnementaux. Les résultats ont montré une teneur favorable en quantité de carbone organique du sol (COS) sous les traitements BRF. Cela signifie que le BRF contribue à améliorer le taux de matière organique (MO) dans le sol. De nombreux travaux de recherche ont en effet mis en évidence le rôle incontestable de la matière organique sur l'amélioration du statut organique [5, 30, 31]. En tant qu'amendements organiques riches en cellulose et lignine, les BRF constituent une source de carbone intéressante pour les sols agricoles dégradés et peuvent augmenter le niveau de matière organique et améliorer leur productivité [32].

Ainsi, les taux de carbone plus importants sous amendements BRF, pourraient s'expliquer par l'effet de la décomposition des résidus BRF. Ces résultats vont dans le même sens que ceux rapportés par Scopel, Douzet [33] qui ont obtenu en système

de culture sous couverture végétale une croissance du taux de carbone du sol qui est passé de 23 à 29 % au bout de cinq (05) années d'expérimentation.

Par ailleurs, les apports de BRF de *Piliostigma reticulatum* n'ont pas significativement influencé la biodisponibilité de l'azote et du phosphore, excepté le traitement BRF+F. En revanche, une augmentation significative de la teneur en potassium a été observée. Les matières organiques fraîches riches en lignine telles que les BRF de *Piliostigma reticulatum* (70,57% de lignine) avec un ratio lignine/N de 60,26, sont plus récalcitrantes à l'attaque microbienne [34], suscitant une immobilisation des nutriments par les microorganismes dans le sol au niveau des parcelles amendées avec BRF. Ainsi, les faibles teneurs en N et P du sol pourraient s'expliquer par une hausse de la demande microbienne en ces éléments pendant les processus de décomposition des BRF, entraînant leur immobilisation. Des effets similaires ont déjà été observés sur les BRF de *Andropogon gayanus*, *Azadirachta indica*, *Casuarina equisetifolia* et de *Eragrostis tremula* (Diallo, 2005). L'influence remarquable du traitement BRF+F pourrait s'expliquer par les avantages du fumier dans la fourniture d'éléments nutritifs supplémentaires.

Cependant, la teneur élevée en K disponible suggère alors une bonne libération de cet élément dans ces conditions et sa faible implication dans le processus de décomposition des biomasses ligneuses. Ainsi, les apports des résidus de *P. reticulatum* seraient capables d'améliorer la disponibilité en potassium des sols dans nos agrosystèmes bien qu'une immobilisation en N et en P assimilable soit envisagée. Ces résultats traduisent bien les effets du paillage ligneux sur la mobilisation du carbone et la disponibilité du potassium.

Il ressort également de cette étude que les amendements ligneux entraînent des fortes densités des populations de macrofaune des sols par rapport aux témoins sans apport du BRF. Cela pourrait se justifier par la présence des résidus végétaux qui constituent une source d'énergie pour la macrofaune du sol. Ces résultats confirment ceux de Blanchart, Bernoux [35] qui ont trouvé que l'installation de système de culture sous couverture végétale entraîne une augmentation de la densité et de la biomasse de la faune du sol. Nos résultats mettent en évidence la fonction écologique de la pédofaune dans la décomposition des résidus végétaux ligneux dans les habitats tropicaux secs [36]. De ces résultats, il ressort que le paillage ligneux à base de *P. reticulatum* contribue aussi à l'amélioration des propriétés biologiques, physiques, chimiques et hydriques du sol. En revanche, les faibles différences entre traitements sur la biomasse macrofaunique, suggère l'absence d'une relation étroite entre la densité et la taille de la pédofaune.

En ce qui concerne la corrélation entre les paramètres étudiés, les résultats ont montré des relations négatives entre biomasse adventice et paramètres chimiques des sols. De même, la hauteur et le diamètre du sorgho sont positivement corrélés avec le pH du sol mais négativement corrélés avec la densité apparente et la biomasse adventice. Ces résultats pourraient être justifiés du fait qu'à travers les actions biologiques, les paramètres physiques et chimiques favorables sous traitement avec fumier, favorisent un meilleur développement des racines des plantes, améliorant ainsi leur capacité d'extraire du sol, les éléments nutritifs dont elles ont besoin. Ces résultats sont en accord avec ceux de Bright [7]. Ainsi, en améliorant les caractéristiques du sol, la MOS favorise un bon développement racinaire et une bonne croissance des plants de sorgho au détriment des adventices. En effet, l'utilisation de fertilisant organique permet d'accroître la teneur en carbone et en phosphore des sols et d'améliorer le pH et le développement végétatif des plantes [37]. Au regard de nos résultats, nous suggérons que la couverture du sol par le BRF réduit la prolifération des adventices par la compétition pour les ressources du milieu et/ou par des effets allélopathiques, traduisant les faibles valeurs de biomasses adventices sous traitements BRF. Selon Teasdale and Mohler [38], la biomasse d'un paillis de couverture est l'élément le plus important pour assurer une bonne maîtrise des adventices. Il ressort cependant de nos résultats que la pratique des BRF favorise la levée de nouvelles espèces d'adventices probablement due à l'effet de couverture favorisant un microclimat et/ou à des apports externes par l'activité de la macrofaune.

En revanche, l'action prépondérante de BRF+N sur la biomasse adventice suggère une disponibilité de l'azote minérale suite aux additions de l'urée, qui favoriserait des levées indésirables de la flore adventice. Cela justifie bien l'augmentation significative de la biomasse adventice enregistrée au deuxième temps de mesure qui était plus proche du temps d'application de l'urée. Par ailleurs, la corrélation négative entre biomasses adventices et croissance du sorgho, traduirait des effets de compétition entre espèces pour l'accès aux nutriments des sols, inhibant ainsi la croissance et le développement des plants de sorgho. Ces observations sont conformes aux travaux de Sanna, Ouedraogo [39] et de Guébré, Traoré [30] respectivement sur la biomasse sèche des adventices en fonction des systèmes de culture et les effets de compétition dans les systèmes sorgho-niébé impliquant les amendements ligneux.

3.2 EFFETS DES TRAITEMENTS SUR LES PARAMETRES AGRONOMIQUES DU SORGHO

De façon générale nous constatons que les traitements à base du BRF influencent négativement la germination des graines comparativement à leurs témoins. Cela s'expliquerait qu'à l'inverse, les amendements organiques à C/N supérieur à soixante

(60) se décomposent moins vite et sont considérés comme étant de mauvaise qualité. Incorporés au sol, les amendements organiques à C/N élevé stimulent l'activité microbienne. Ces résultats sont en concordance avec les travaux de Coleman (1989), qui dit que les microorganismes immobilisent temporairement l'azote, entraînant une "faim d'azote" pour la culture. Les résultats de la croissance en hauteur et en diamètre du sorgho montrent respectivement que: de tous les traitements, le fumier et le BRF enrichi au fumier présentent une croissance exponentielle. C'est au niveau du BRF seul que nous avons observé les plus petites valeurs en hauteur et diamètre. Cela peut s'expliquer par la disponibilité des éléments minéraux qu'offre le fumier aux plantes. En effet, le fumier constitue une source importante d'éléments minéraux. Selon Hébert [40] l'azote est l'élément fertilisant qui influence le plus la productivité végétale. De plus, l'apport localisé du fumier a permis une utilisation efficiente des éléments nutritifs, ce qui a donc permis une utilisation efficiente de l'azote pour les cultures. L'amélioration de la croissance des plants de sorgho au niveau du traitement BRF additionné au fumier peut être liée à la disponibilité de l'humidité et des nutriments qu'offrent les apports ligneux aux cultures. Quant au traitement avec le BRF seul qui a impacté négativement la croissance du sorgho, ce résultat montre que le BRF ne met pas à disposition les éléments minéraux nécessaires au profit du sorgho. Ce résultat est en accord avec les études menées par [41] et [34] qui montrent que l'amendement du sol avec les feuilles de *P. reticulatum* provoque l'immobilisation de l'azote au cours des soixante-deux (62) à soixante-seize (76) premiers jours.

Par ailleurs, des auteurs ont montré que les BRF contiennent en faibles concentrations tous les éléments requis pour la croissance des plantes [42]. En outre, l'immobilisation est attribuée à la microflore qui en générale, survient lorsque les BRF contiennent moins de 1% de N sur une base sèche [43]. Ainsi, l'apport de ligneux exige à la première saison, un ajustement de la fertilité en azote pour minimiser l'effet d'immobilisation. Cela traduit effet inhibant des apports de BRF de *P. reticulatum* sur la teneur en azote du sol, donc sur la croissance. Il ressort de cette étude que la combinaison entre le BRF et le fumier reste le meilleur moyen de favoriser une levée rapide de l'immobilisation de l'azote.

4 CONCLUSION

Notre étude a été conduite dans le but de déterminer l'influence du paillage à base des bois et raméaux fragmentés (BRF) de *Piliostigma reticulatum* sur la dynamique de la biomasse adventice et les performances agronomiques du sorgho en contexte soudano-sahélien. Nous notons que les apports de biomasse ligneuse permettent d'améliorer la fertilité physique (humidité, température, porosité, densité apparente) et biologique (densité de macrofaune) des sols. Les effets de ces pratiques sur la libération des nutriments (N et P) montrent également de bonnes tendances avec des augmentations significatives de la disponibilité en potassium et de la matière organique. Il ressort également de notre étude que les BRF favorisent l'abondance de la macrofaune du sol et inhibent l'épanouissement des adventices; sans doute due à la différence dans leur fonction écologique. En outre, si l'apport complémentaire de l'urée permet d'atténuer l'immobilisation de l'azote par les microorganismes, il favorise une levée indésirable des adventices, qui à leur tour, influent négativement sur la croissance du sorgho. Il convient donc de tenir compte de son incidence sur les ennemis des cultures, afin de mieux optimiser la production dans les agrosystèmes sahéliens impliquant les amendements ligneux.

REMERCIEMENTS

Les auteurs sont reconnaissants au Programme de recherche du CGIAR sur les légumineuses à grains et les céréales des zones arides (GLDC), au projet SustainSahel pour avoir soutenu les expériences de terrain et pour leur contribution financière à la réalisation des travaux. Ils remercient également Prosper Sadaré Sawadogo, technicien au Laboratoire d'Agroécologie, UMR 210, Eco&Sols de l'IRD de Ouagadougou, pour son soutien.

REFERENCES

- [1] Roose, E., La gestion conservatoire de l'eau, et de la fertilité des sols: une stratégie nouvelle de la lutte antiérosive pour le développement durable. Science et changements planétaires/Sécheresse, 2004. 15 (1): p. 5-7.
- [2] Xie, H., et al., A bibliometric analysis on land degradation: Current status, development, and future directions. Land, 2020. 9 (1): p. 28.
- [3] Ouedraogo, B., O. Kabore, and M. Kabore, *Cartographie quantitative de l'érosion des sols par approche SIG/RUSLE dans la Commune de Karangasso vigué (Burkina Faso)*. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 2019. 13 (3): p. 1638-1653.
- [4] Sivakumar, M.V.K. and N. Ndiang'Ui, *Climate and land degradation*. 2007: Springer Science & Business Media.

- [5] Bationo, A., et al., Soil organic carbon dynamics, functions and management in West African agro-ecosystems. *Agricultural Systems*, 2007. 94 (1): p. 13-25.
- [6] Hien, E., Impact du paillage agroforestier à base de *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst sur les fonctions et services des sols en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso. 2018.
- [7] Bright, M.B.H., et al., Long-term *Piliostigma reticulatum* intercropping in the Sahel: Crop productivity, carbon sequestration, nutrient cycling, and soil quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2017. 242: p. 9-22.
- [8] Dossa, E.L., et al., Crop Productivity and Nutrient Dynamics in a Shrub-Based Farming System of the Sahel. *Agronomy Journal*, 2013. 105 (4): p. 1237-1246.
- [9] Diakhaté, S., et al., Soil microbial functional capacity and diversity in a millet-shrub intercropping system of semi-arid Senega. *Journal of Arid Environments*, 2016. 129: p. 71-79.
- [10] Giller, K.E., et al., Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: The heretics' view. *Field Crops Research*, 2009. 114 (1): p. 23-34.
- [11] Li, L., et al., Factors affecting soil microbial biomass and functional diversity with the application of organic amendments in three contrasting cropland soils during a field experiment. *PLOS ONE*, 2018. 13 (9): p. e0203812.
- [12] Bayala, J., et al., Nutrient release from decomposing leaf mulches of karité (*Vitellaria paradoxa*) and néré (*Parkia biglobosa*) under semi-arid conditions in Burkina Faso, West Africa. *Soil Biology and Biochemistry*, 2005. 37 (3): p. 533-539.
- [13] Oorts, K., et al., Redistribution of particulate organic matter during ultrasonic dispersion of highly weathered soils. *European Journal of Soil Science*, 2005. 56 (1): p. 77-91.
- [14] Palm, C.A., et al., Management of organic matter in the tropics: Translating theory into practice. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2001. 61: p. 63-75.
- [15] Ba, M.F., et al., Study of some characteristics of ramial chipped woods (RCW) of *Guiera senegalensis* JF Gmel and *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst and their influence on chemical and biological properties of tropical ferruginous soils of the groundnut basin, Senegal. 2014.
- [16] Peerzada, A.M., H.H. Ali, and B.S. Chauhan, Weed management in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] using crop competition: A review. *Crop protection*, 2017. 95: p. 74-80.
- [17] Tamado, T., L. Ohlander, and P. Milberg, Interference by the weed *Parthenium hysterophorus* L. with grain sorghum: influence of weed density and duration of competition. *International Journal of Pest Management*, 2002. 48 (3): p. 183-188.
- [18] Guébré, D., et al., Conservation des sols en zone soudano-sahélienne: quelle est l'efficience des amendements ligneux? *Sciences Naturelles et Agronomie*, 2020. sous presse.
- [19] Nf, P., 94-057. *AFNOR*; 1992. Sols: reconnaissance et essais. Analyse granulométrique. Méthode par sédimentation. [Google Scholar].
- [20] Lassabatère, L., et al., *Beerkan Estimation of Soil Transfer Parameters through Infiltration Experiments-BEST*. *Soil Science Society of America Journal*, 2006. 70 (2): p. 521-532.
- [21] Anderson, J.M. and J.S.I. Ingram, *A handbook of methods*. CAB International, Wallingford, Oxfordshire, 1993. 221: p. 62-65.
- [22] Aké-Assi, L., *Flore de la Côte d'Ivoire: catalogue systématique, biogéographie et écologie*. Genève, Suisse: Conservatoire et Jardin Botanique de Genève, 2001.
- [23] Dessaint, F., R. Chadoeuf, and G.J.B. Barralis, Diversité des communautés de mauvaises herbes des cultures annuelles de Côte-d'Or (France). 2001.
- [24] Afnor, Z., *Z 47-100: 1981. Règles détablissement des thésaurus monolingues*. Paris, AFNOR, 1981.
- [25] Walkley, A. and I.A. Black, An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 1934. 37 (1): p. 29-38.
- [26] Novozamsky, I., et al., *A novel digestion technique for multi-element plant analysis*. *Communications in soil science and plant analysis*, 1983. 14 (3): p. 239-248.
- [27] Bray, R.H. and L.T. Kurtz, Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. *Soil science*, 1945. 59 (1): p. 39-46.
- [28] Coppens, F., et al., Soil moisture, carbon and nitrogen dynamics following incorporation and surface application of labelled crop residues in soil columns. *European journal of soil science*, 2006. 57 (6): p. 894-905.
- [29] Ibrahim, A., et al., Nutrient release dynamics from decomposing organic materials and their mulching-effect on pearl millet yields in a low-input Sahelian cropping system. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2018. 112 (1): p. 45-59.
- [30] Guébré, D., et al., Sorghum and cowpea intercropping response to woody residue amendments in Sahelian agro-ecosystems of Burkina Faso. *Geoderma Regional*, 2024. 37: p. e00781.

- [31] Zongo, K.F., et al., Effects of Organic Compost and Trichoderma harzianum Spores on Soil Fertility and Agronomic Performance of Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *International Journal of Environment and Climate Change*, 2024. 14 (9): p. 705-717.
- [32] Badiane, A.N., M. Khouma, and M. Sène, *Gestion et transformation de la matière organique (Synthèse des travaux de recherches menés au Sénégal depuis 1945)*, Edition ISRA. Institut Sénégalais de Recherches Agricoles. Institut Sénégalais de Recherches Agricoles. Institut Sénégalais De Recherches Agricoles, 2000.
- [33] Scopel, E., et al., Impacts des systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale (SCV) sur la dynamique de l'eau, de l'azote minéral et du carbone du sol dans les Cerrados brésiliens. *Cahiers Agricultures*, 2005. 14 (1): p. 71-75.
- [34] Barthelemy, Y., et al., Influence of the Leaf Biomass of *Piliostigma reticulatum* on Sorghum Production in North Sudanian Region of Burkina Faso. *Journal of Plant Studies*, 2013. 3: p. 80.
- [35] Blanchart, E., et al., Effet des systèmes de semis direct sous couverture végétale (SCV) sur le stockage de carbone et la macrofaune d'un sol ferrallitique (Cerrados, Brésil). 2009.
- [36] Lima Tde, A., et al., *Digestive enzymes from workers and soldiers of termite Nasutitermes corniger*. *Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol*, 2014. 176: p.1-8.
- [37] Zongo, K.F., et al., Soil characterization and potentiality to improve two Bambara groundnut varieties cropping under rock phosphate fertilization at sudano-sahelian climate of Burkina Faso. 2023. 38 (4): p. 829-838.
- [38] Teasdale, J.R. and C.L. Mohler, Light transmittance, soil temperature, and soil moisture under residue of hairy vetch and rye. *Agronomy Journal*, 1993. 85 (3): p. 673-680.
- [39] Sanna, S., et al., Effet de l'association céréale-légumineuse, de la gestion de l'eau et de la fertilité du sol pour l'amélioration de la productivité agricole dans l'Est du Burkina Faso. *Sciences Naturelles et Appliquées*, 2022. 41 (2 (2)): p. 213-236.
- [40] Hébert, M., Pathogènes dans les biosolides municipaux et autres MRF: normes et critères de bonnes pratiques. *PRODUCTIONS VÉGÉTALES*, 2005: p. 105.
- [41] Dossa, E.L., et al., Phosphorus sorption and desorption in semiarid soils of Senegal amended with native shrub residues. *Soil Science*, 2008. 173 (10): p. 669-682.
- [42] Larochele, L., et al., Rôle de la mésofaune dans la dynamique de transformation de la matière ligneuse appliquée au sol. 1993.
- [43] Tremblay, J. and C.J. Beauchamp, Fractionnement de la fertilisation azotée d'appoint à la suite de l'incorporation au sol de bois raméaux fragmentés: modifications de certaines propriétés biologiques et chimiques d'un sol cultivé en pomme de terre. *Canadian journal of soil science*, 1998. 78 (2): p. 275-282.

Evaluation des performances agronomiques des hybrides F1 groupe I (F1 / G1) de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) et leurs lignées parentales à Kisangani (Province de la Tshopo, RD Congo)

[Evaluation of agronomic performances of F1 group I (F1/G1) tomato hybrids (*Solanum lycopersicum* L.) and their parental lines in Kisangani (Tshopo Province, DR Congo)]

Lokonga Okenge Jules¹, Okungu Lotokola Albert², and Dhed'A Djailo Benoît³

¹Département des sciences Biotechnologiques, faculté des sciences naturelles et Biotechnologie, B.P. 2012, Université de Kisangani, RD Congo

²Département de phytotechnie, faculté des sciences agronomiques et environnement, B.P. 1232, Institut Facultaire des sciences Agronomiques IFA- Yangambi- Kisangani, RD Congo

³Département des sciences Biotechnologiques, faculté des sciences naturelles et Biotechnologie, B.P. 2012, Université de Kisangani, RD Congo

Copyright © 2025 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 present work aims to evaluate the agronomic performances of F1 hybrids of group 1 (F1 / G1) of tomato (*S. lycopersicum* L.) and their parental lines grown in soil enriched with manure in open fields in Kisangani in order to contribute to the improvement of tomato productivity on the one hand and recycling of waste from pig farming (pig manure) to combat environmental pollution on the other hand. It took place from July to October 2015 in the premises of the Faculty of Sciences of the University of Kisangani.

To achieve this objective, an experimental culture of a randomized block design was carried out during which observations and analyses focused on quantitative characteristics including plant size, number of flowers, number of fruits, fruit weight, number of seminal locules, fruit shape index and number of seeds in the F1 hybrids of the group (F1/G1) and their parental lines. The results obtained showed that: All F1 hybrids generally showed hybrid vigor for most quantitative traits compared to the parental populations.

- Regarding plant height, it follows that the F1/G1 hybrids are taller (120.35 cm) than the parental lines (P1: 115.26 cm and P2: 88.36 cm).

- Regarding flower production, the F1/G1 hybrids produced more flowers (67.7) than the parental populations (P1: 52.3 and P2: 50.5).

- For fruit production, it is found that the F1/G1 hybrids set more (33.06) than the parental lines (P1: 28.63 and P2: 29.66).

- It also appears that the fruits of the F1/G1 hybrids perform better in terms of average fruit weight (29.34g) than the parents (P1: 14.21g and P2: 15.33g).

- It is clear that the F1/G1 hybrids produced tomato fruits with a higher average number of locules (3.46) than the male parent (3.26) and lower than the female parent (4.6).

- It is observed that the fruits of the F1 hybrids are round (IF: 0.84) like the fruits of the male parent (IF: 0.91). On the other hand, the fruits of the female parent are flattened (IF: 0.73).

- It is also clear that the fruits of the hybrid plants developed more total seeds (F1: 130.23) than the parents (P1: 88.86 and P2: 116.43).

Statistical analysis shows that at the 5% significance level ($\alpha=0.05$), for size, number of flowers, number of fruits, fruit weight, fruit width, fruit length, number of locules, number of seeds and shape index: $F.p \leq \alpha$ which means that the difference is significant between the parents and the F1/G1 hybrids.

KEYWORDS: evaluation, agronomic, performances, F1 group I (F1/G1), tomato, hybrids *Solanum lycopersicum* L., parental lines.

RESUME: Le présent travail a pour objectif d'évaluer les performances agronomiques des hybrides F1 du groupe 1 (F1/G1) de tomate (*S. lycopersicum* L.) et leurs lignées parentales cultivés dans le sol enrichi de fumier en plein champ à Kisangani dans le but de contribuer à l'amélioration de la productivité de tomate d'une part et de recyclage de déchets issus de l'élevage de porc (fumier de porc) pour lutter

contre la pollution de l'environnement d'autre part. Il s'est déroulé de la période de juillet jusqu'en octobre 2015 dans l'enceinte de la faculté des sciences de l'Université de Kisangani.

Pour atteindre cet objectif, une culture expérimentale d'un dispositif des blocs randomisés a été réalisée au cours de laquelle les observations et les analyses ont porté sur les caractères quantitatifs notamment la taille de plantes, le nombre de fleurs, le nombre de fruits, le poids de fruits, le nombre de loges séminales, l'indice de forme de fruits et le nombre de graines chez les hybrides F1 du groupe (F1/G1) et leurs lignées parentales.

Les résultats obtenus ont montré que:

- Tous les hybrides F1 ont traduit en général la vigueur hybride pour la plupart des caractères quantitatifs comparativement aux populations parentales.
- En ce qui concerne la taille des plantes, il s'en suit que les hybrides F1/G1 sont plus hauts (120,35 cm) que les lignées parentales (P1: 115,26 cm et P2: 88,36 cm).
- Quant à la production des fleurs, les hybrides F1/G1 ont produit plus de fleurs (67,7) que les populations parentales (P1: 52,3 et P2: 50,5).
- Pour la production des fruits, il se révèle que les hybrides F1/G1 ont plus noué (33,06) que les lignées parentales (P1: 28,63 et P2: 29,66).
- Il ressort de même que les fruits des hybrides F1/G1 sont plus performants en ce qui concerne le poids moyen de fruits (29,34g) que les parents (P1: 14,21g et P2: 15,33g).
- Il se dégage que les hybrides F1/G1 ont produit de fruits de tomates ayant un nombre de loges moyen plus élevé (3,46) que le parent mâle (3,26) et moins élevé que le parent femelle (4,6).
- Il s'observe que les fruits des hybrides F1 sont ronds (IF: 0,84) comme les fruits du parent mâle (IF: 0,91). Par contre, les fruits de parent femelle sont aplatis (IF: 0,73).
- Il se dégage aussi que les fruits des plantes hybrides ont développé plus des graines totales (F1: 130,23) que les parents (P1: 88,86 et P2: 116,43).

L'analyse statistique montre qu'au seuil de signification de 5 % ($\alpha=0,05$), pour la taille, le nombre de fleurs, le nombre de fruits, le poids des fruits, la largeur de fruits, la longueur de fruits, le nombre de loges, le nombre de graines et l'indice de formes: $F_{pr} \leq \alpha$ ce qui signifie que la différence est significative entre les parents et les hybrides F1/G1.

MOTS-CLEFS: évaluation, performances, agronomiques, hybrides F1, groupe I (F1 / G1), tomate, *Solanum lycopersicum* L., lignées parentales.

1 INTRODUCTION

La sélection de la tomate, dans le monde entier, au cours de ces trente dernières années s'est montrée particulièrement efficace et a abouti à l'obtention d'un parc variétal extrêmement diversifié. Il est vraisemblable qu'au cours des années à venir, on va assister à une explosion en matière de création variétale [1; 42; 43; 44].

D'une part, la variabilité qui existe chez les espèces sauvages de *Solanum lycopersicum* va être d'avantage exploitée et d'autre part, le développement de la biotechnologie offre des perspectives entièrement nouvelles [1]. Le recours à l'hybridation en agriculture a considérablement augmenté dans les dernières décennies, en particulier chez les plantes potagères. En 1995, plus de 80 % des variétés de tomate étaient issues d'hybrides des variétés anciennes. Dès les années 70, les sélectionneurs ont cherché à augmenter les rendements de production en tomate par des croisements entre différentes variétés [2; 42]. Les structures variétales pour les espèces autogames couvrent les lignées pures, les variétés hybrides F1 et les variétés populations.

Les ressources génétiques naturelles de la tomate ont été abondamment exploitées pour l'amélioration variétale en particulier pour l'amélioration de ses qualités organoleptiques et sa résistance aux pathogènes [3; 4; 5; 6; 7].

Au niveau mondial, la tomate représente des enjeux économiques et agronomiques majeurs. De plus, elle constitue l'espèce modèle pour l'étude du développement des fruits charnus et l'étude génétique du fruit en général puisque les croisements entre différentes espèces de tomate ainsi que la transformation sont aisés [2; 8; 9].

En effet, l'extension des cultures de tomates dans des nouvelles zones géographiques, l'évolution des techniques culturales, la diversification de la destination des produits, les exigences du consommateur, concernant la qualité du produit ainsi que l'accroissement des problèmes parasitaires demandent la mise au point des variétés adaptées [10; 11; 12; 42].

Pour cette raison, l'évolution en cours devra se poursuivre vers une spécialisation variétale en fonction des conditions climatiques, des techniques culturales et de la destination des récoltes. Outre les problèmes d'adaptation, les problèmes de qualité aux normes définies selon la destination finale des produits devraient recevoir une attention particulière. Les problèmes de résistance aux maladies, aux insectes, aux herbicides sont aussi d'actualité. Enfin des techniques de production de semences hybrides à très grande échelle et à bas prix devront être mises au point [13].

Malgré ces exigences et grâce au progrès des techniques culturales, la tomate est produite presque partout dans le monde et à n'importe quelle saison. Ses fruits se retrouvent aujourd'hui consommés toute l'année, dans le monde entier. Elle joue, par conséquent, un rôle important dans l'alimentation humaine. La tomate se positionne au premier rang mondial des fruits cultivés avec une production d'environ 141 millions de tonnes en 2009 [14], dont une partie importante est destinée à la transformation [2; 13; 42]. Elle constitue une source alimentaire à fort intérêt nutritionnel, notamment grâce aux composés minéraux et aux composés à fort potentiel antioxydant (lycopène, vitamine C,...) dont le fruit s'enrichit au cours de la maturation. Les nombreuses variétés existantes donnent des fruits très différents, de forme ronde, ovoïde ou longue, carré, de couleur jaune à rouge et de taille variant de cerise à celle d'un melon [2; 13; 42].

Les espèces sauvages de tomates constituent un énorme réservoir de variabilité, dont une très faible partie a été exploitée jusqu'à présent (en particulier pour la résistance aux maladies et parasites, l'adaptation aux stress climatiques). On peut trouver chez ces espèces des adaptations à des situations très diverses et souvent excessives: tolérance au froid, à la chaleur, à la sécheresse, à la salinité... Ceci permettrait d'envisager une extension de la culture de la tomate dans les zones nouvelles. On peut aussi y trouver des caractéristiques permettant l'amélioration de la qualité des fruits comme la teneur en matière sèche, en vitamines [5; 13; 15; 16; 17; 18].

Outre leurs performances accrues, les hybrides présentent une plus grande homogénéité que les variétés parentales: les plantes issues du croisement de deux lignées pures et sélectionnées du fait de leur vigueur hybride feront l'objet d'une sélection tellement intensive qu'elles seront génétiquement identiques [2]. L'amélioration de la tomate consiste à créer de nouvelles variétés à partir des variétés existantes, en les croisant entre elles et en sélectionnant les meilleures plantes issues de ces croisements. Les cultivars doivent présenter un ensemble de caractéristiques leur permettant d'être cultivés avec profit par le producteur et d'être appréciés par le consommateur [2; 42]. En effet, les variétés hybrides F1 de tomate regorgent de qualités potentielles qu'on ne retrouve pas chez les lignées pures. Cela permet l'amélioration du rendement observé chez les variétés hybrides F1 par rapport aux variétés parentales. Ainsi, les hybrides regroupent au sein d'eux quelques avantages, bénéfiques aux sélectionneurs ou producteurs pour leur choix. Cet avantage est connu sous l'appellation « hétérosis » [42].

L'hétérosis est un phénomène qui se manifeste en cas d'hybridations intra-spécifique ou inter-spécifique. Il s'observe en comparant la valeur phénotypique moyenne des descendants, issus de l'hybridation, aux valeurs des populations parentales. Historiquement, c'est le biologiste allemand Koelreuter [19] qui le premier mit expérimentalement en évidence le phénomène de « vigueur hybride »: avec différentes espèces du genre *Nicotiana* (tabac), Koelreuter [19] a remarqué que pour certains caractères, la moyenne phénotypique des hybrides était supérieure à chacune des deux moyennes parentales. Le terme d'hétérosis a été introduit par les sélectionneurs de maïs Shull [19; 20] pour désigner la supériorité des hybrides par rapport à la meilleure des deux populations parentales. Ainsi, l'hétérosis est souvent mesurée comme la différence entre la moyenne des hybrides et la moyenne de la meilleure population parentale: on parle d'hétérosis « utile » ou d'hétérosis « du point de vue du sélectionneur ». Toutefois, l'hétérosis est également souvent mesurée comme la différence entre la valeur moyenne des hybrides et la moyenne des deux populations parentales: on parle alors d'hétérosis « du point de vue du généticien ». Les praticiens de l'amélioration des animaux emploient aujourd'hui le terme hétérosis pour désigner la supériorité, pour un caractère donné, de la moyenne des hybrides par rapport à la moyenne des deux populations parentales.

Au sens strict, l'hétérosis désigne la supériorité de la valeur moyenne des hybrides par rapport à celle de la meilleure population parentale.

La mesure de l'hétérosis peut s'exprimer (1) au sens strict, par rapport à la meilleure population parentale ou (2) dans un sens élargi, par rapport à la moyenne des deux populations parentales. Il est donc indispensable de préciser la référence par rapport à laquelle l'hétérosis est exprimé.

Quelle que soit la valeur de référence, l'hétérosis est calculé sur la base de résultats moyens: moyenne des hybrides, moyenne de la première population parentale, moyenne de la seconde population parentale.

Sur le plan pratique, il est entendu que la production d'hybrides, intra-spécifiques ou interspécifiques, n'est justifiée que si les individus hybrides présentent, pour un caractère synthétique d'utilité économique, un avantage moyen par rapport aux individus de chacune des lignées parentales d'où l'expression « hétérosis utile ».

Ce travail de sélection commence par la création de nouveaux génotypes (combinaisons génétiques) au moyen de l'hybridation, et se terminera par l'évaluation et la sélection de quelques combinaisons supérieures afin d'élaborer de nouvelles variétés pour mieux répondre aux besoins des agriculteurs et des consommateurs. On crée de nouvelles variétés de tomate pour répondre aux besoins des agriculteurs en leur fournissant des variétés plus productives, mieux adaptées au sol et au climat, mieux adaptées aux nouvelles techniques culturales et plus résistantes aux maladies. Ces nouvelles variétés sont créées également pour répondre aux exigences des marchés [21; 22]. Les nouveaux génotypes obtenus après sélection doivent être évalués selon la productivité, l'environnement et la qualité.

Avec l'importance que prend la tomate dans la consommation des fruits et légumes quotidienne, il est nécessaire que le fruit consommé présente des critères appréciés par le consommateur. Il est donc important de prendre en compte ces caractères dans les schémas d'amélioration variétale. La place importante prise par la tomate (*solanum lycopersicum*) du point de vue économique a suscité un intérêt marqué pour ce végétal de la part des sélectionneurs. Cependant, on a trop longtemps privilégié l'adaptation aux conditions

de culture et les résistances aux maladies et donc la productivité au détriment de la qualité organoleptique [23; 24]. La mise au point des méthodes culturales adaptées à chaque région et à chaque type variétal a également contribué à asseoir l'importance de cette espèce.

L'objectif spécifique de cette étude est d'évaluer les performances agronomiques des hybrides F1 obtenus par des hybridations entre les variétés locales et étrangères de tomate d'une part, et entre les variétés locales d'autre part, par rapport à leurs parents. Cette étape de la recherche s'oriente vers l'évaluation des performances agronomiques des hybrides F1/G1 des tomates et leurs géniteurs respectifs (P1 et P2).

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Le matériel utilisé dans cette étape de la recherche a été constitué des graines des hybrides F1 groupe I (F1/G1) issue du croisement de deux variétés locales rouge rond et rouge aplati et leurs lignées parentales.

2.2 MÉTHODES

2.2.1 PRÉPARATION DU TERRAIN

Le champ destiné à recevoir les plantules avait été préalablement aménagé. L'enrichissement du sol avait été fait à l'aide du fumier de porc. 576 plantules ont été repiquées en raison de 192 par hybride, parents mâle et femelle dans un système randomisé pour cette culture. Les écartements entre les plantules ont été de 50×50 cm. Pour ne pas semer des confusions, chaque plate-bande était numérotée de la manière ci-après: P1= Parent mâle, P2= Parent femelle, 3= Hybride F1 (H).

Les opérations culturales avaient porté essentiellement sur le binage de sol tous les 10 jours, l'arrosage régulier, le sarclage régulier et le tuteurage à l'aide des perches en bambou, des échelas en bois.

Pour ce faire, le champ expérimental ayant servi dans cette phase de la recherche a été établi dans l'enceinte de la Faculté des sciences suivant un dispositif des blocs randomisés comportant 9 parcelles pour chaque variété ou hybride contenant 64 plants par parcelle avec 3 répétitions par traitement (hybride et parents). Les parcelles ayant chacune une surface de 4 × 4 m, soit 16 m². La superficie totale du germoir-pépinière pour les hybrides et leurs parents respectifs a été 100,8 m². Le semis a été réalisé en date du 20 Juillet 2015 dans un germoir-pépinière abrité de 2 m de longueur et 1,20 m de largeur. Les graines ont été semées à une profondeur d'environ 1 cm et recouvertes d'un sol fin [25; 26]. Au total, 300 graines ont été semées dans le germoir-pépinière pour chaque hybride et pour chacun des parents. Après 30 jours les plantules avaient une hauteur d'environ 15 cm et le repiquage au champ avait eu lieu. Le champ destiné à recevoir les plantules avait été préalablement aménagé. L'enrichissement du sol avait été fait à l'aide du fumier de porc. 576 plantules ont été repiquées en raison de 192 par hybride, parents mâle et femelle dans un système randomisé pour cette culture. Les écartements entre les plantules ont été de 50×50 cm. Pour ne pas semer des confusions, chaque plate-bande était numérotée de la manière ci-après: P1= Parent mâle, P2= Parent femelle, 3= Hybride (H).

Les opérations culturales avaient porté essentiellement sur le binage de sol tous les 10 jours, l'arrosage régulier, le sarclage régulier et le tuteurage à l'aide des perches en bambou, des échelas en bois.

2.2.2 OBSERVATIONS

L'analyse génétique des hybrides F1 et des plantes parentales a porté sur la taille des plants, les nombres de fleurs, de fruits et poids de fruit par plante et la caractérisation des fruits. Le rythme de croissance a été évalué à l'aide du mètre ruban tous les 15 jours à partir de la mise en place. Les nombres de fleurs et de fruits ont été comptés. La caractérisation des fruits a été réalisée au laboratoire. Pour chaque fruit, les observations suivantes ont été effectuées:

- La couleur du fruit.
- Le nombre de loges séminales.
- Le poids du fruit.
- La hauteur et largeur du fruit.
- Le nombre total de graines, comprenant celui de graines bien développées et mal développées.
- L'indice de forme (IF) [27; 28; 29; 30; 31; 42; 43; 44].

La couleur des fruits était observée à l'œil nu. Le poids des fruits était obtenu à l'aide de la balance de précision de marque Kern. Le nombre de loges séminales était compté après la coupe horizontale du fruit. La hauteur et largeur étaient mesurées par un Pied à coulisse digital. Le nombre de graines était compté après la fermentation pendant au moins 24 heures dans le tube à essai. La forme de fruit était déterminée par l'indice de forme (I.F) obtenu par le rapport de la hauteur sur la largeur du fruit.

$$IF = \frac{\text{Hauteur du fruit}}{\text{Diamètre du fruit}} \quad [27; 28; 29; 30; 31; 42; 43; 44]$$

Ainsi, les fruits ont été groupés en trois séries:

- Fruits ronds: $0,80 < I.F. < 1,20$
- Fruits aplati: $I.F. < 0,8$
- Fruits allongés: $I.F. > 1,20$

2.2.3 ANALYSES STATISTIQUES DES DONNÉES

Le logiciel GENSTAT DISCOVERY 4^{ème} édition a été utilisé pour l'analyse des données quantitatives des différentes expérimentations. L'analyse de la variance a été faite avec le même logiciel [41].

L'évaluation des performances agronomiques des hybrides F1 et leurs lignées parentales (P1 et P2) est illustrée par la figure 1.

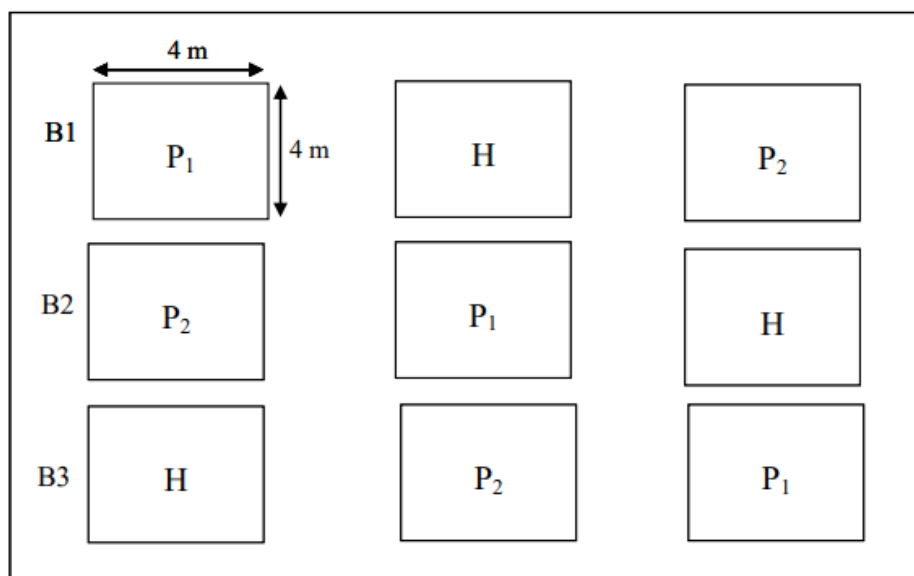


Fig. 1. Evaluation des hybrides F1 et des parents

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Les figures 2 à 8 présentent des résultats où des hybrides intra-spécifiques F1 (hybrides simples) sont comparés aux deux populations parentales qui ont été utilisées pour les produire. Toutefois, l'hétérosis est également souvent mesurée comme la différence entre la valeur moyenne des hybrides et la moyenne des deux populations parentales: on parle alors d'hétérosis « du point de vue du généticien ».

3.1 TAILLE DES PLANTES

La taille des plantes des lignées parentales et leurs hybrides est présentée par la figure 2.

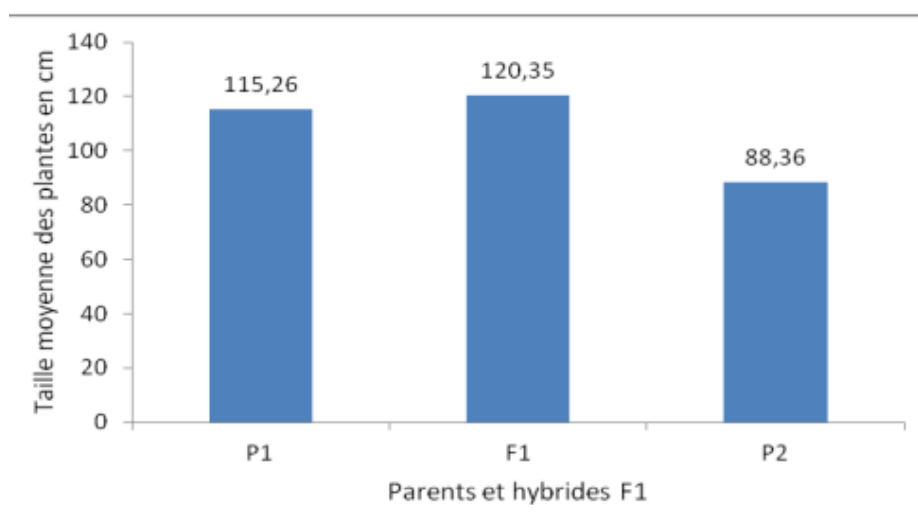


Fig. 2. Taille des plantes parentales et des hybrides F1

Légende: P1=parent mâle=Rouge rond, P2=parent femelle=Rouge aplati, F1/G1=hybrides F1 du groupe 1.

La figure 2 montre que les hybrides F1/G1 sont plus performants que les parents en ce qui concerne la taille. Ces résultats sont imputables à la vigueur hybride F1, expliqué par les effets additifs des gènes et par la superdominance [32; 33; 34; 35; 36]. En rapport avec les résultats de Krusteva *et al.*, [30], qui ont obtenu de tailles moyennes de (15,6 cm), (15,9 cm), (16,1 cm), (29,7 cm) et (29 cm) respectivement pour les variétés Lucy, Roda Compacta, Sunray, Hollande 60 et Bigo.

Il s'en suit que nos lignées parentales et les hybrides F1/G1 sont plus hauts.

En référence aux résultats de Lokonga et Kamara [42], qui ont observé les tailles moyennes de 127,83 et 129,83 cm pour les hybrides F1 (Mongal et Thorgal). Ces valeurs sont supérieures à celles obtenues dans cette étude.

Ces différences des tailles des plants peuvent être attribuées aux constitutions alléliques des variétés et aux facteurs environnementaux.

3.2 NOMBRE DE FLEURS

Le nombre de fleurs des plantes des lignées parentales et leurs hybrides est présenté par la figure 3.

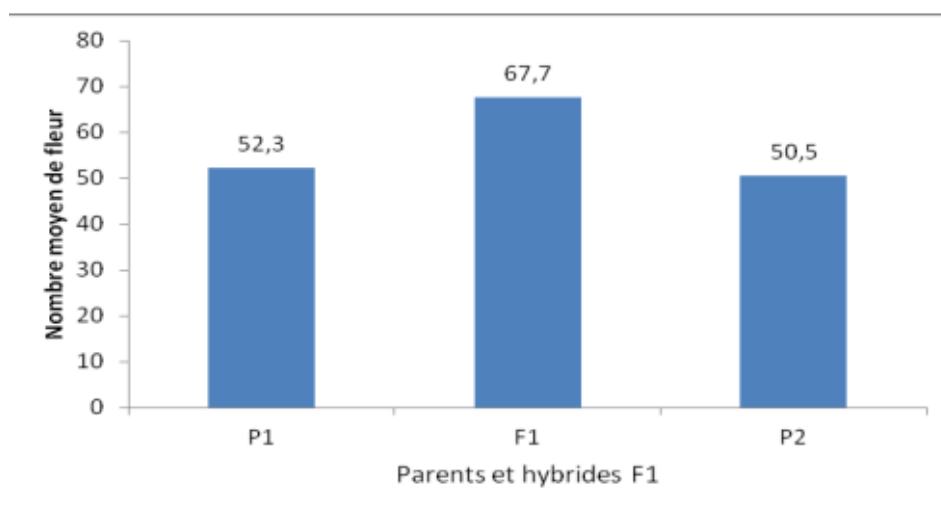


Fig. 3. Valeurs numériques moyennes des fleurs des plantes parentales et des hybrides F1/G1

L'analyse de cette figure 3 montre que les plantes hybrides F1/G1 ont produit en moyenne plus de fleurs que les deux parents. Cette supériorité des hybrides est due à l'effet hétérosis [34; 35; 36]. En comparant nos résultats avec ceux obtenus par Lapushner et Frankel [31]: 9,05 fleurs en moyenne chez les parents et 6,86 fleurs chez les hybrides F1.

Par rapport aux résultats de Lokonga et Kamara [42], qui ont obtenu 27,91 et 31,66 fleurs respectivement pour les génotypes hybrides F1 (Mongal et Thorgal).

Il se dégage que les lignées parentales et les hybrides F1/G1 ont produit plus de fleurs. Ces écarts peuvent s'expliquer par les génotypes des variétés et les pratiques culturales.

3.3 NOMBRE DE FRUITS DES PARENTS ET DES HYBRIDES F1

Le nombre de fruits des plantes des lignées parentales et leurs hybrides est illustré dans la figure 4.

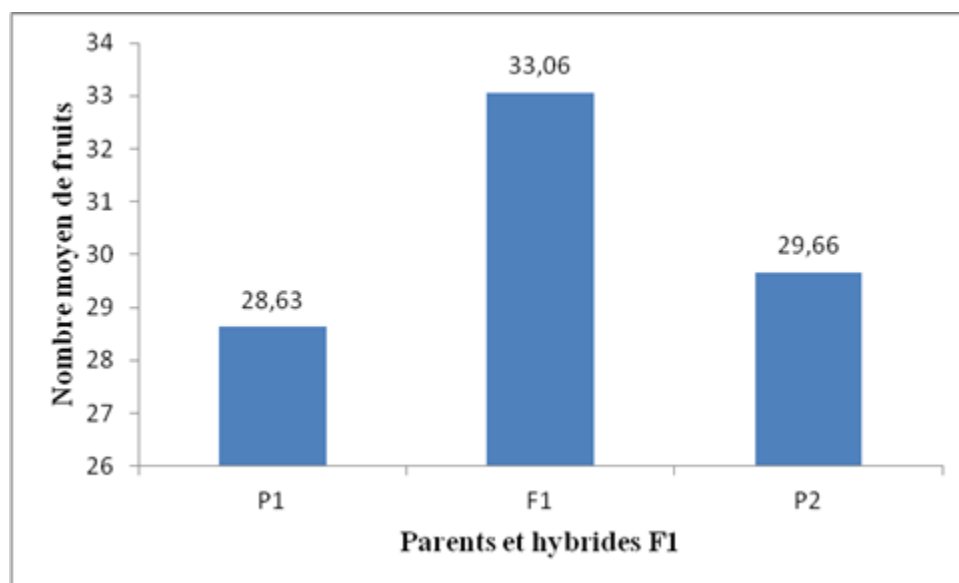


Fig. 4. Valeurs numériques moyennes du nombre de fruits des plantes parentales et des hybrides F1/G1

Les données de cette figure 4 révèlent les mêmes tendances observées dans le cas de nombre de fleurs. Ces résultats s'expliquent de la même manière que pour la taille et le nombre de fleurs [32; 33; 34; 35; 36]. En nous référant aux résultats de Lapushner et Frankel [31], qui ont obtenu en moyenne 2,9 fruits pour les parents et 2,79 fruits pour les hybrides F1.

En comparant avec les résultats de Lokonga et Kamara [42], qui ont compté en moyenne 8 et 4,8 fruits chez les hybrides F1 (Mongal et Thorgal).

Il se révèle que nos lignées parentales et les hybrides F1/G1 ont plus noué. Ces différences peuvent être dues aux pratiques culturales et aux caractéristiques génétiques des variétés.

3.4 POIDS DE FRUITS DES PARENTS ET DES HYBRIDES F1

Le poids de fruits des plantes des lignées parentales et leurs hybrides est présenté dans la figure 5.

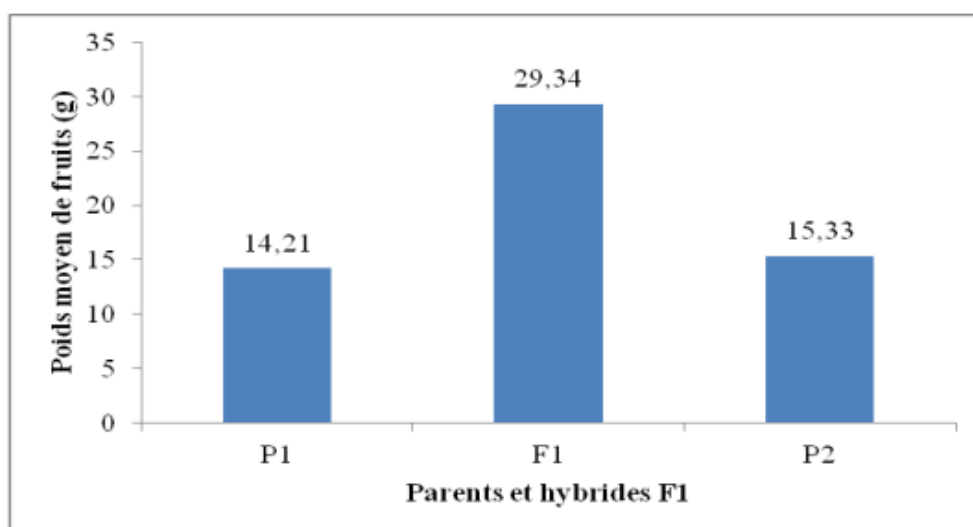


Fig. 5. Valeurs numériques moyennes du poids de fruits des plantes parentales et des hybrides F1/G1

Il ressort de l'analyse de la figure 5 que les hybrides F1/G1 sont plus performants que les parents en ce qui concerne le poids moyen de fruits. Ces résultats sont dû à l'effet hétérosis, expliqué par les effets additifs des gènes et par la superdominance [24; 34; 36]. L'hérédité du poids du fruit chez la tomate a pu être attribuée, suivant les études, à un nombre très variable de gènes pouvant aller jusqu'à vingt. En confrontant nos résultats avec ceux de Tam *et al.* [37], il s'en suit que nos fruits sont plus lourds que les fruits des variétés Cervil (5,5 g), Clémentine (5 g), Micro-Tom (<5 g), Gold Nugget (12 g), Wva (7 g), Sweeti (12 g) et plus légers que les fruits de Levovil (140 g), M-82 (70 g), Mospomorist (80 g), Apeline (200 g) et Vesuvio (43 g). Cependant, par rapport aux résultats de Lokonga et Kamara [42], qui ont obtenu le poids moyen de 79,92 et 82,53 g pour les hybrides F1 Mongal et Thorgal. Ces valeurs numériques moyennes du poids de fruits sont supérieures à celles obtenues au cours de la présente étude.

Ces écarts sont attribués aux génotypes des variétés et aux conditions expérimentales de culture.

3.5 NOMBRE DE LOGES SÉMINALES

Le nombre de loges séminales de fruits des plantes des lignées parentales et leurs hybrides est présenté par la figure 6.

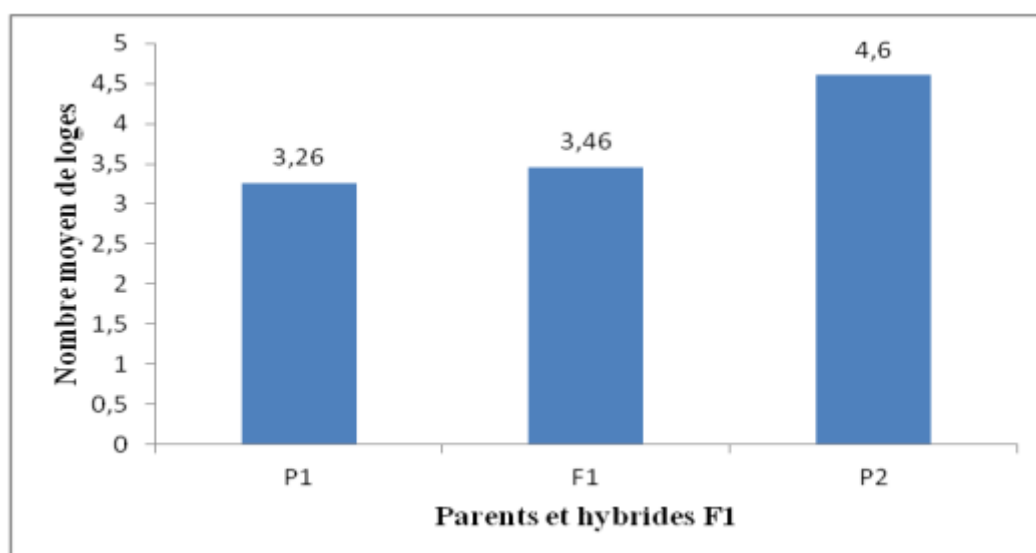


Fig. 6. Valeurs numériques moyennes de loges par fruit des plantes parentales et des hybrides F1/G1

Il se dégage de l'analyse de cette figure 6 que les hybrides F1/G1 ont produit des fruits de tomates ayant un nombre de loges moyen plus élevé que le parent mâle et moins élevé que le parent femelle. Ces résultats traduisent probablement une hérédité maternelle du

caractère nombre de loges [38; 39]. Par rapport aux résultats de Tam et *al.* [37], qui ont trouvé en moyenne que le nombre de loges varie entre 3 et 5 pour les variétés caractérisées. Nous remarquons que les fruits de nos lignées parentales (P1 et P2) et des hybrides F1/G1 se situent dans cet intervalle.

3.6 INDICE DE FORME DES FRUITS DES PLANTES AU COURS DE DIFFÉRENTES FILIATIONS

L'indice de forme des fruits des lignées parentales et leurs hybrides est présenté par la figure 7.

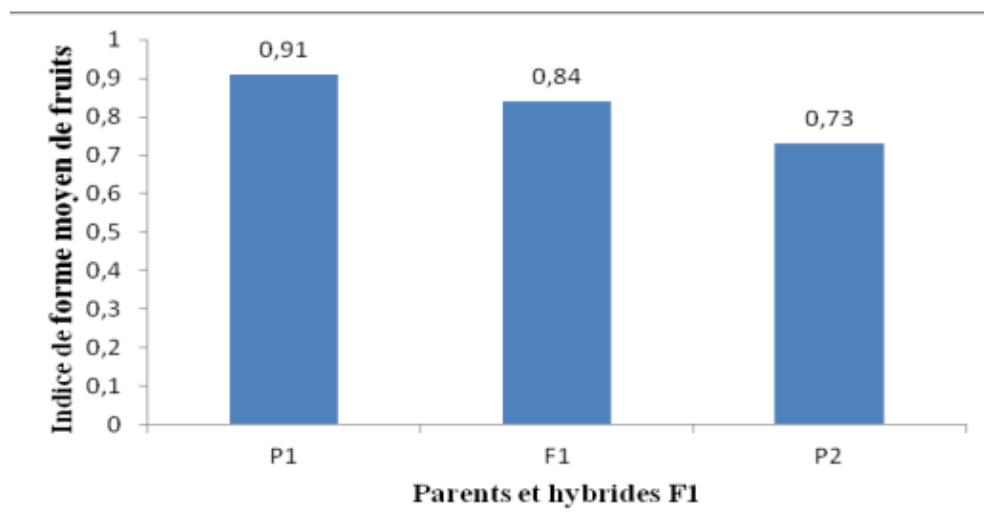


Fig. 7. Indices de forme des fruits des plantes parentales et des hybrides F1/G1

De l'examen de cette figure 7, il se dégage que les fruits des hybrides F1 sont ronds comme les fruits du parent mâle. Par contre, les fruits de parent femelle sont aplatis. Les indices de forme de fruits des hybrides F1/G1 et des parents se retrouvent dans l'échelle établie par [27; 40].

3.7 NOMBRE DE GRAINES TOTALES

Le nombre de graines totales de fruits des lignées parentales et leurs hybrides est présenté dans la figure 8.

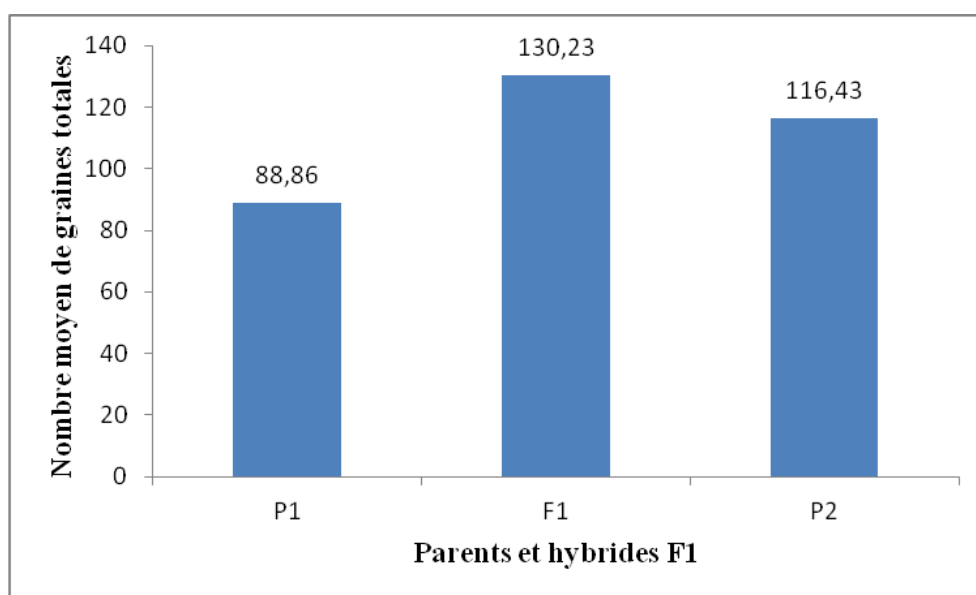


Fig. 8. Valeurs numériques moyennes de graines totales par fruit des lignées parentales et des hybrides F1/G1

Il se dégage de cette figure 8 que les fruits des plantes hybrides ont développé plus des graines totales que les parents. Ces résultats sont imputables à la vigueur hybride F1 [32; 33; 34; 35; 36]. En comparaison avec les résultats de Lapushner et Frankel [31], qui ont trouvé en moyenne 88,74 graines pour les parents et 113,53 graines pour les hybrides F1. Il s'en suit que les fruits de nos lignées parentales et hybrides F1/G1 contiennent plus de graines. Ces divergences s'expliquent par les génotypes des variétés et les conditions du milieu d'expérimentation.

Les tableaux 1 reprennent les résultats des analyses statistiques des caractères quantitatifs des hybrides F1/G1 et des parents.

Tableau 1. Analyses statistiques des caractères quantitatifs des hybrides F1/G1 et de parents

Caractères	Variétés		
	P1; P2; F1/G1		
	Lsd	v.r.	F.pr
Taille	7.135	28.61	<.001
Nombre de Fleurs	6.289	51.56	<.001
Nombre de Fruits	4.041	73.29	<.001
Poids de fruits	4.525	93.15	<.001
Largeur de fruits	2.885	67.56	<.001
Longueur de fruits	3.086	125.16	<.001
Nombre de loges	0.2689	16.70	<.001
Nombre de graines	8.12	26.85	<.001
Indice de formes	0.04195	80.36	<.001

Légende: Lsd= Least Significant Differences of means; F.pr: probabilité; v.r.: rapport des variances.

Il relève de ce tableau 1 la principale observation suivante:

Au seuil de signification de 5 % ($\alpha=0,05$), pour la taille, le nombre de fleurs, le nombre de fruits, le poids des fruits, la largeur de fruits, la longueur de fruits, le nombre de loges, le nombre de graines et l'indice de formes: $F.pr \leq \alpha$ ce qui signifie que la différence est significative entre les parents (P1 et P2) et les hybrides F1/G1.

4 CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Le présent travail avait pour objectif l'évaluation des performances agronomiques des hybrides F1 du groupe I et deux populations parentales qui ont été utilisées pour les produire.

Ces hybrides F1 et leurs lignées parentales ont été cultivées dans le sol amendé de fumier de porc selon le dispositif des blocs randomisés avec 3 répétitions par parcelle. Les résultats obtenus après 4 mois d'expérimentation permettent de tirer les conclusions suivantes:

- Tous les hybrides F1 ont traduit en général la vigueur hybride pour la plupart des caractères quantitatifs comparativement aux populations parentales.
- En ce qui concerne la taille des plantes, il s'en suit que les hybrides F1/G1 sont plus hauts (120,35 cm) que les lignées parentales (P1: 115,26 cm et P2: 88,36 cm).
- Quant à la production des fleurs, les hybrides F1/G1 ont produit plus de fleurs (67,7) que les populations parentales (P1: 52,3 et P2: 50,5).
- Pour la production des fruits, il se révèle que les hybrides F1/G1 ont plus noué (33,06) que les lignées parentales (P1: 28,63 et P2: 29,66).
- Il ressort de même que les hybrides F1/G1 sont plus performants (29,34g) que les parents (P1: 14,21g et P2: 15,33g) en ce qui concerne le poids moyen de fruits.
- Il se dégage que les hybrides F1/G1 ont produit de fruits de tomates ayant un nombre de loges moyen plus élevé (3,46) que le parent mâle (3,26) et moins élevé que le parent femelle (4,6).
- Il s'observe que les fruits des hybrides F1 sont ronds (IF: 0,84) comme les fruits du parent mâle (IF: 0,91). Par contre, les fruits de parent femelle sont aplatis (IF: 0,73).
- Il se dégage aussi que les fruits des plantes hybrides ont développé plus des graines totales (F1: 130,23) que les parents (P1: 88,86 et P2: 116,43).

L'analyse statistique montre qu'au seuil de signification de 5 % ($\alpha=0,05$), pour la taille, le nombre de fleurs, le nombre de fruits, le poids des fruits, la largeur de fruits, la longueur de fruits, le nombre de loges, le nombre de graines et l'indice de formes: $F_{pr} \leq \alpha$ ce qui signifie que la différence est significative entre les parents et les hybrides F1/G1.

REFERENCES

- [1] Gallais A., 1990. Théorie de la sélection en amélioration des plantes. Ed. Masson. 588 p.
- [2] Massot C., 2010. Analyse des variations de la teneur en vitamine C dans le fruit de tomate et rôle de l'environnement lumineux, thèse de doctorat, Université D'Avignon et des Pays de Vaucluse, 192 P.
- [3] Hommel M., 2007. La régulation transcriptionnelle de l'expression génique dans le fruit de tomate: caractérisation fonctionnelle de promoteurs fruit-spécifiques et d'un cofacteur de la transcription de type MBF1. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, pp 1-25.
- [4] Tahiri H., 2008. Efficacité de l'utilisation de l'eau d'irrigation chez la tomate par la technique de prd (partial rootzone drying) et étude des mécanismes physiologiques et biochimiques impliqués. Thèse, inéd. Université CADI AYYAD. 185 P.
- [5] Bourdon M., 2011. L'endoréduplication dans le développement du fruit de tomate: de la structure à la croissance cellulaire, Thèse de doctorat. Université de Bordeaux 1, 182P.
- [6] Perefarras F., 2012. Épidémiologie et contrôle durable des Begomovirus chez la tomate. *Plantarum* 132, pp 526-537.
- [7] Ripoll J., 2014. Effets de la contrainte hydrique sur les compromis entre fonction de croissance et mécanismes de défense de la plante et conséquences sur la résistance globale de la plante à des stress de nature variable sur le rendement et sur la qualité du fruit, Thèse de doctorat, Université d'Avignon pp 6-29.
- [8] Moftah, 2006. Caractérisation fonctionnelle de la GDP-D-Mannose-3,5-Epimerase et Galactono-1,4-Lactone déshydrogénase, enzymes de la voie de biosynthèse de la vitamine c chez la tomate, thèse de doctorat, Université Bordeaux 1, 201 P.
- [9] Alexandre H K., 2008. Contrôle épigénétique du développement et de la qualité des fruits de tomate, thèse de doctorat, Université de Bordeaux 1, 177 P.
- [10] Philouze J. et Laterrot H., 1992. La tomate in Amélioration des espèces végétales cultivées. Objectifs et critères de sélection éd. INRA. *Plantarum* 132, pp 26-37.
- [11] Stevens R., Bouzayen M., Causse M., Etienne C., Rothan C., 2007. Tomato a model plant for Solanaceae genomics, functional plant genomics, éditeurs: J.F. Morot-gandry, plea, J.F. Briat, Science publishers (USA), 708 P.
- [12] Lokonga O., Dhed'a D., Bosobi M., 2008. Etude de la variabilité génétique chez la tomate locale (*Lycopersicon esculentum* Mill) à Kisangani dans annales de la faculté des Sciences, volume 13.
- [13] Viron N., 2010. Identification et validation de nouveaux gènes candidats impliqués dans la régulation du développement du fruit de tomate, thèse inédite, université de Bordeaux 1, 124 p.
- [14] FAO, 2009. (<http://faostat.fao.org/>).
- [15] Philouze J., 1985. Évolution et situation variétale actuelle chez la tomate in la diversité des plantes légumières: hier, aujourd'hui et demain Actes du Symposium organisé à Angers du 17 au 19 octobre 1985. pp 33-37.
- [16] Zahra A, 2002. Altération de l'expression génétique de la tomate (*lycopersicon esculentum*) par transfert de gènes induits par la sécheresse chez *Lycopersicon Chilense*, thèse de doctorat, Université du Québec à Montréal pp 1-78.
- [17] Lebeau A., 2010. Résistance de la tomate, l'aubergine et le piment à *Ralstonia solanacearum*: interactions entre les gènes de résistance et la diversité bactérienne, caractérisation et cartographie des facteurs génétiques impliqués chez l'aubergine, thèse de doctorat, St Denis de la réunion pp 1-34.
- [18] Mahbou G., 2010. Diversité de *Ralstonia solanacearum* au Camérout et bases génétiques de la résistance chez le piment (*Capsicum annum*) et Solanacées. Thèse de doctorat, CIRAD/IRAD/INRA, pp 1-29.
- [19] Verrier E., Brabant P., Gallais A. 2001. Faits et Concepts de base en génétique quantitative, module de biologie populations et peuplements, notes de cours inéd. Institut National Agronomique paris-Grignon, 132 P.
- [20] Tanksley SD., Ganai M.W., Prince J.P., De-Vicente M.C., Bonierbale M.W., Broun P., Fulton TM, Giovannoni JJ., Grandillo S., Martin GB., Messeguer R, Miller JC., Miller L., Paterson AH., Pineda O., Roder MS., Wing RA., Wu W., Young ND., 1992. High density molecular linkage map of the tomato and potato genome. *Genetics*, 132, pp 1141-1160.
- [21] Causse M., Chaib J., Lecomte L., Buret M., Hospital F., 2007. Both additivity and epistasis control the genetic variation for fruit quality traits in tomato. *Theor Appl Genet* 115, pp 429-442.
- [22] Bai Y. and Lindhout P., 2007. Domestication and Breeding of Tomatoes: What have we gained and what can we gain in the future? *Ann Bot* 100, pp 1085-1094.
- [23] Duffé P., 2003. Caractérisation de QTL liés à la qualité de la tomate par recherche de colocalisations avec des gènes de fonction connue, mémoire, inéd. Ecole pratique des hautes études, Sciences de la Vie et de la Terre, 43 P.
- [24] Ranc N., 2010. Analyse du polymorphisme moléculaire de gènes de composantes de la qualité des fruits dans les ressources génétiques sauvages et cultivées de tomate; recherche d'associations gènes/QTL, Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, 261P.
- [25] Greensil, T.M., 1994. Garden in tropics London. pp 27-30.

- [26] Frary A. and Nesbitt T. C., 2000. fw2.2: A quantitative trait locus key to the evolution of tomato fruit size. Science 289 (5476), pp 85-88.
- [27] Conti S., Leoni C., Monti L.M., Silverstri G.P., 1981. Une méthode d'évaluation de la tomate de conserve. In génétique et sélection de la tomate, INRA, pp 65 – 74.
- [28] Ignatova S. I. et Kvasnikov B.V., 1981. Réaction de variétés et d'hybrides de tomate en culture sous serre à faible lumière en hiver-printemps. In génétique et sélection de la tomate, INRA, pp 191 – 193.
- [29] Kanno T. and Kamimura S., 1981. Fruit structure, firmness and quality, and relationships between these factors in varieties and F1 hybrids of tomatoes. In génétique et sélection de la tomate, INRA, pp 99 – 119.
- [30] Krusteva L., Vesselinov E., Popova D., 1981. Study of the correlation of some features of indeterminate tomato cultivars. In génétique et sélection de la tomate, INRA, pp 57– 63.
- [31] Lapushner D. and Frankel R., 1981. Parent-offspring relations for quantitative traits in a 10 x 10 diallel cross of fresh market tomatoes. In génétique et sélection de la tomate, INRA, pp 37 – 43.
- [32] Alabouvette L. et Titard A., 1933. Sur la possibilité d'utiliser dans la culture de la tomate des hybrides de première génération. Sél.fr. 2, pp11-14.
- [33] Lints F., 1987. Génétique, éd. Technique et documentations, Paris, 580p.
- [34] Hartl D.L. and Jones E.W., 1999. Essential Genetics, Second Edition Copyright By Jones and Bartlett Publishers, 552 P.
- [35] Ano G., Anaïs G., Marival P., Chidiac A., 2004. L'amélioration variétale de la tomate pour les régions tropicales de la plaine, travaux en Guedeloupe. phytoma. Déf. Vég. 573, pp 23-25.
- [36] De Vienne D. et Fievet J., 2009. L'hétérosis: Etat des connaissances dans le sélectionneur Français 60, pp 5-20.
- [37] Tam S.M., Faurobert, Pawlowski T., Garchery C., Burck H., Mhiri, C., Causse M., Grandbastien M-A., 2006. Caractérisation de la diversité génétique chez la tomate in Les Actes du BRG 6, pp 81-96.
- [38] Causse M., Chaib J., Lecomte L., Buret M., Hospital F., 2007. Both additivity and epistasis control the genetic variation for fruit quality traits in tomato. Theor Appl Genet 115, pp 429-442.
- [39] Lippman Z.B. and Zamir D., 2007. Heterosis: revisiting the magic. Trends in Genetics 23, pp 60-66.
- [40] Fagbohoun O. et Kiki D., 1999. Aperçu sur les principales variétés de tomate locales cultivées dans le sud du Bénin. Bulletin de la recherche agronomique du Bénin, 24, 10-21 INRAB, Cotonou, République du Bénin.
- [41] Buysse W., Stern, R. et Coe R., 2004. Genstat Edition Discovery pour usage quotidien, 4^{ème} édition, traduit de l'anglais par Amini Mutanganda. ICRAF Nairobi, Kenya. 122p.
- [42] Lokonga O.J. and Kamara M.M., 2020. Effet de fumier de porc sur le rendement de deux génotypes hybrides F1 (Mongal et Thorrgal) exotiques de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivées sous abri à Kisangani in International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 48 N° 2 May. pp. 225-248.
- [43] O. Lokonga, D. Dheda, W. Oleko, 2020. Hybridation Entre les variétés de Tomates Locales et Etrangères (*Solanum lycopersicum* L.) et Analyse Génétique des caractères à Kisangani (Province de la Tshopo, RDC) in International Journal of Innovation and Applied Studies Vol. 30 No 3 Sep. 2020, pp. 740-756.
- [44] Lokonga O., Tonganga K., 2020. Influence of Decomposed wood Sawdust on Growth and Yield of Foreign F1 (Thorrgal and Mongal) Hybrid Varieties of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Grown Under Kisangani Shelter (D.R Congo).

Evaluation of the process of transformation of the flesh of the Achatines in Benin

Adékunlé Mama Ali^{1,2}, Martinien Hospice Mahussi Assogba¹, Gildas Dansi¹, Paul François Dossa⁴, Ignace Dotché¹, Guy Apollinaire Mensah³, Mahamadou Dahouda², and Issaka Youssao Abdou Karim¹

¹Laboratory of Animal Biotechnology and Meat Technology, Department of Animal Production and Health, Polytechnic School of Abomey-Calavi, University of Abomey-Calavi, 01 BP: 2009 Cotonou, Benin

²Faculty of Agronomic Sciences, Department of Animal Production, University of Abomey-Calavi, 01 BP 526, Cotonou, Benin

³National Institute for Scientific Research, Research Center of Agonkanmey (CRA, NRAB), Abomey-Calavi, Benin

⁴Research Unit in Biotechnology of Animal Production and Health, Department of Animal Production and Health, Polytechnic School of Abomey-Calavi, University of Abomey-Calavi, Abomey-Calavi, Benin

Copyright © 2025 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: African giant snails are transformed in Benin in different forms that are not well known. The purpose of the study is to characterize processing method, conservation and distribution of giant snails' flesh in southern Benin. Thus, a survey was carried out in 59 snail processing units. The data collected was analyzed and the Multiple Correspondence Analysis was used to identify three groups of transformers. *Archachatina marginata*, *Achatina achatina*, *Archachatina ventricosa* and *Achatina fulica* are more processed and consumed in southern Benin. In group 1 the snail flesh is obtained by breaking the shell outdoor and in the family kitchen. The group 2 are distinguished from the first by the place of processing (not frequently used outdoor), the use of bleach to wash the snail before processing and lemon to remove mucus from the snail's flesh. The group 3 are distinguished from the other two by the method of obtaining the flesh. They pull the flesh after heating the shell. The processors of snail flesh in South-Benin were mostly women (96.77%) against a minority of men (3.23%) from group 3. The flesh had higher organoleptic qualities than the flesh obtained by boiling. The flesh of African giant snails to be marketed in South-Benin is mainly sold in fried forms (95.2%), then boiled (2.4%) and braised (2.4%). The three types of processors described made it possible to better understand the processing of African giant snail meat in Benin. The application of good hygiene practices during snail processing would guarantee better quality snail meat.

KEYWORDS: Technology, Tourism, African giant snails, Processing, Marketing, Conservation, Benin.

1 INTRODUCTION

In Benin, national meat production is far from sufficient to cover the population's needs. This production has been estimated at 84,567.23 tonnes in 2021 [1] and should be enough to feed a population of 11, 884,127 [2] to make up the shortfall, on the one hand imports of products are authorized and on the other hand the population resorts to wildlife to satisfy its needs ([3], [4]). The consumption of bushmeat is not only explained by the deficit that exists, but also by the taste of this meat, which is highly appreciated and accessible by the population [5]. Forest resources include giant African snails (or achatines), whose meat is highly prized by the Beninese population. This meat is more processed and consumed in southern Benin ([6], [7]). Given the population's passion for snail meat, it was essential to know which African giant snail species were being processed and to master the snail meat processing chain. Previous studies have focused on characterizing the harvesting sector in order to assess population pressure [6]. This characterization shows strong population pressure, leading to the disappearance of species if farming is not promoted [8]. For this reason, several studies have been carried out on breeding techniques to improve the breeding conditions and zootechnical performance of giant African snails ([9], [10], [11], [12]). The

work carried out has ensured that giant African snails are available all year round. The promotion of high-performance species and their organoleptic, nutritional and microbiological quality have yet to be determined. To do this, we first need to know which species are processed and consumed in southern Benin. The aim of this study is therefore to assess the processing and marketing of giant snail meat in southern Benin. Specifically, we will: a.) establish a typology of groups of processors of giant African snails in southern Benin; b.) identify the species processed and consumed in southern Benin; c.) characterize the various forms of snail meat processing and its presentation.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 STUDY FRAMEWORK

The flesh of giant African snails is more processed and consumed in South-Benin ([6], [7]). Indeed, our study was carried out in the six (06) departments of Sud-Benin. The Littoral department has the smallest area of Benin's departments. It extends over 10 km to the west, where it borders the commune of Abomey-Calvi in the Atlantic department, and over 6 km to the east, bordering the commune of Sèmè-kpodji in the Ouémé department. The Atlantic Ocean forms the department's southern boundary. To the north, it is bounded by Lake Nokoué. This department is the only one with a single commune, Cotonou. Covering an area of 79 km² it comprises 13 arrondissements and 140 city districts. Then there's the Atlantic department, with a area of 3,233 km² a population of 801,683 inhabitants in 2002 and a density of 248 inhabitants/km². The Atlantic Ocean forms the southern boundary of the department, which is bordered to the west by the Mono department. To the north, the Atlantic department is bordered by the Zou department. To the east, it is bounded by the Ouémé department. In this department, the communes included in our study are: Toffo, Kpomassè, Zè and Allada. Ouémé department is located in southeastern Benin, with a total area of 1,281 km² a population of 730,772 in 2002 and a density of 570 inhabitants/km². Ouémé department is bordered to the south by the Atlantic Ocean and the Littoral department, to the north by the Plateau department, to the west by the Atlantic department and to the east by the Federal Republic of Nigeria. In the context of our study, this department includes the communes of Adjara and Dangbo. The Plateau department includes the communes of Pobè, Adja-Ouèrè and Sakété. It covers an area of 3,264 km² or around 3% of the national territory, with a total population of 407,116 and a density of 125 inhabitants/km². Plateau department is bordered to the north by Collines department, to the east by the Federal Republic of Nigeria, to the west by Zou department and to the south by Ouémé department. Also in southern Benin is the department of Zou, which includes the commune of Bohicon. With a surface area of 5243 km² a population of 599,954 in 2002 and a population density of 114 inhabitants per km². Zou is bordered to the north by Collines, to the south by Atlantique and Ouémé, to the east by Plateau and to the west by Couffo and Togo. Finally, the department of Mono, where only the commune of Comè was surveyed. Covering an area of 3,800 km², they are located in the south-west of the national territory, between the sixth (6th) and seventh (7th) degrees of north latitude and the first (1st) and second (2nd) degrees of east longitude. It is bordered to the northeast by the Zou department, to the south by a 40 km coastline on the Atlantic Ocean, to the east by the Atlantic department and to the west by Togo.

2.2 MATERIALS AND METHODS

Using a smartphone, data were collected using Kobocollect software. Sampling was carried out on a snowball basis. In all, fifty-nine (59) processors were surveyed in the six departments, representing a sample of 50% of Benin's departments. The breakdown of respondents by department is reported in Table 1.

Table 1. Breakdown of processors by department

Departement	TRANSFORMERS	Frequency (%)
Atlantique	31	52,55
Ouémé	05	8,47
Mono	05	8,47
Littoral	02	3,39
Plateau	12	20,34
Zou	04	6,78

2.3 SURVEY TECHNIQUE

It took place over a 12-week period. It took the form of visits to processing sites, direct observations among the players involved, and interviews with them while they were working. The aim was to gather targeted information, structured according to a predetermined questionnaire. For some players, the interview took place immediately after the first visit, while for others it took place a few days later, depending on the respondent's availability. Parameters such as location, respondent identity, species processed, processing and preservation were recorded during the survey.

2.4 STATISTICAL ANALYSIS

Statistical processing of the data was carried out using Kobotools software for inputting the data collected from the processors, and Epi info for analysis. Epi info software version 7.4.2.0 was used to perform descriptive statistical analyses (frequency, mean, standard deviation, etc.) for quantitative variables. Results were discriminated using ANOVA at the 5% threshold. For categorical variables, a multiple correspondence analysis (MCA) was implemented using R software version 4.1.3 using the MCA function of the FactoMineR library ([13], [14]) on the selected qualitative variables, namely: processing location, snail washing method after purchase, deposit for a few days before slaughter, meat obtaining technique, washing method after slaughter, mucus removal technique, meat removal technique, specific work clothing, waste management, product packaging method and management of unsold products. The MCA was followed by a hierarchical ascending classification, using FactoMineR's HCPC function, based on the snail meat processing characteristics of the most significant MCA components. Transformer groups were then identified by selecting the most relevant partition in terms of inter-class variance explained. These groups were then characterized by testing differences in frequencies on a contingency table crossing the variables and the identified groups (using the χ^2 test) with the Proc Freq procedure in SAS Version 9.4 software [15]. Two-tailed Z-tests were used to compare relative frequencies between groups. For each relative frequency, a 95% confidence interval (CI) was calculated according to the formula:

$$IC = 1,96 \sqrt{\frac{P(1-P)}{N}}$$

Where P is the relative frequency and N is the sample size.

3 RESULTS

3.1 TYPOLOGY OF SNAIL PROCESSORS IN SOUTHERN BENIN

The first three axes were used to interpret the results of the multiple correspondence analysis (MCA). The contribution to total inertia of the three factorial axes was 42.48% (18.33% for the first axis, 14.37% for the second and 9.77% for the third) (Figure1). Each axis describes a group of processors. The results of the factorial analysis are shown in Figure 2. Three (03) groups were determined on the basis of processing environment, type of water and additives used for washing, method of separating cephalopods, shells and viscera, and type of clothing used during processing. The first group is made up of 33 women processors from southern Benin. They process snails in the open air and in the family kitchen. Before processing, they wash the snail with plain water. To obtain the snail meat, they break the shell and twist it. Alum is then used to remove the mucus from the flesh. In terms of hygiene, what distinguishes these processors from those of other groups is the absence of work clothes for those in charge. However, they do have clothes for the workers. The second group contained 14 processors. They process snails in the family kitchen, a dedicated kitchen and the communal kitchen. The snail to be processed is often washed with plain water, and sometimes with bleach. In this group, snail meat is obtained by breaking and twisting. Processors in this group use alum and lemon to remove mucus from snail meat. Unlike Group 1, the manager of a unit in this group has the same working clothes as the workers. In terms of processing techniques, this group differs from the first in that the processing site is located in the open air, and bleach is used to wash the snail before processing, and lemon is used to remove the snail meat. The third group is composed with 15 processors (two men in this group). These people process snails in the open air and in the family kitchen, a dedicated kitchen and the communal kitchen. The snails to be processed are often washed with plain water, and sometimes with bleach. To obtain the meat, the snails are drawn off after heating. The resulting flesh is cleaned of mucus using alum. The manager of a unit in this group wears the same work clothes as the workers. This group differs from the other two in the technique used to obtain the flesh.

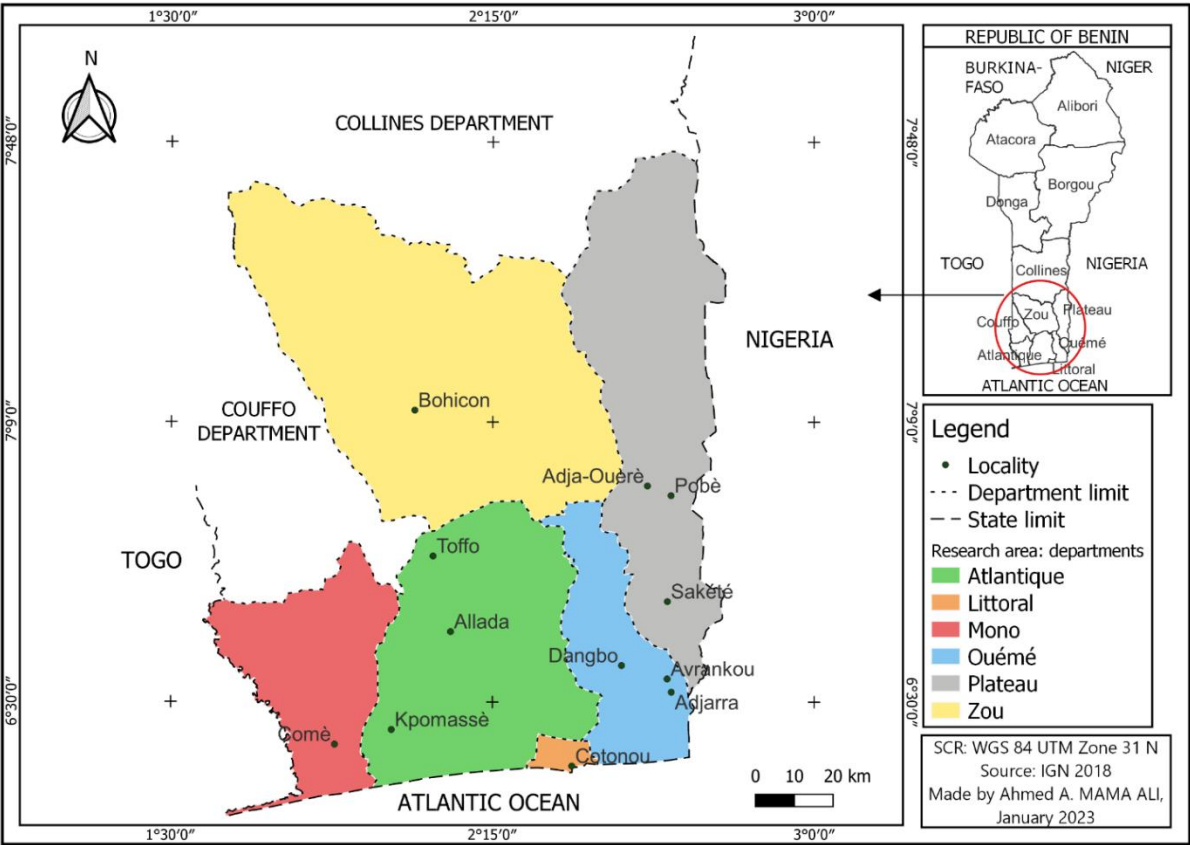


Fig. 1. Survey locality

Factor map

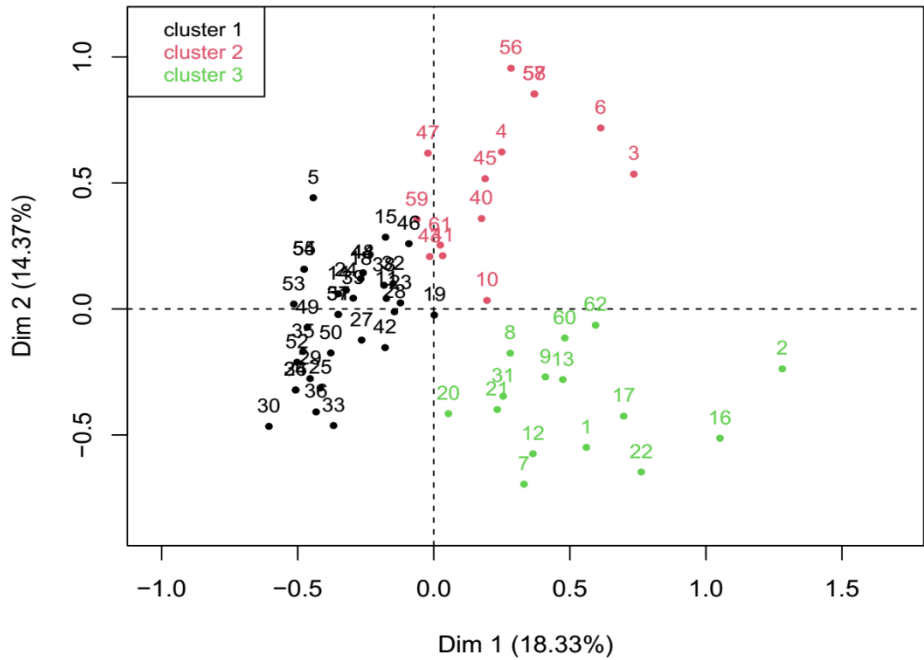


Fig. 2. Typology of snail processors in southern Benin

3.2 PROFILE OF SNAIL MEAT PROCESSORS

Table 2 reported the gender and activity between the groups. The surveys revealed that the majority of snail meat processors in southern Benin were women (96.77%), with a minority of men (3.23%). The proportions of female processors in groups 1 and 2 were significantly higher ($p < 0.05$) than those in group 3. The proportion of processors in group 3 was significantly higher ($p < 0.05$) than in groups 1 and 2. Overall, processing (88.71%) was the main activity carried out by the processors surveyed, compared with 11.29% who traded. However, in addition to processing, 66.13% of respondents engage in other activities such as selling akassa, aulacod meat, etc. The percentage of processors in group 1 (78.79%) and group 3 (73.33%) who carry out other activities in addition to processing was significantly higher ($p < 0.01$) than that of processors in group 2.

Table 2. Gender and activities of transformers

Variable	General (N=62)		G1 (N=33)		G2 (N=14)		G3 (N=15)		Chi²
	%	IC	%	IC	%	IC	%	IC	
Gender									
Female	96,77a	4,40	100a	0	100ab	0	86,67b	17,20	*
Male	3,23b	4,40	0b	0	0ab	0	13,33a	17,20	*
Activities									
Processing	88,71a	7,88	81,82a	13,16	92,86a	13,49	100a	0	NS
Trading	11,29c	7,88	18,18a	13,16	7,14a	13,49	0a	0	NS
Other	66,13b	11,78	78,79a	13,95	28,57b	23,66	73,33a	22,38	**

NS: $p > 0,05$; *: $p < 0,05$; ^{a, b, c}: percentages on the same line followed by different letters differ significantly at the 5% threshold (between groups) and intra-class percentages on the same column followed by different letters differ significantly at the 5% threshold (overall).

3.3 LOCAL AND MATERIALS FOR SNAIL PROCESSING

More snail meat is processed indoors (79%) than outdoors (62.9%). However, processors in groups 1 (84.85%) and 3 (60%) processed more snail meat in the open air ($p < 0.001$) than those in group 2 (14.3%). The premises used for processing are represented by family kitchens, communal kitchens and dedicated kitchens. More snail meat was processed in family kitchens (87.3%) than in dedicated kitchens (9.1%) and communal kitchens (7.3%). Group 1 (90.6%) and group 3 (100%) use home kitchens more ($p < 0.05$) than group 2 (63.6%). Similarly, the use of the kitchen reserved for processing was more reported ($p < 0.01$) in group 2 than in groups 1 and 3.

Buckets, basins, knives and other equipments were used by respondents to process snail meat. These materials did not vary significantly from one group to another (Table 3).

Table 3. Processing local and materials

Variable	General (N=62)		G1 (N=33)		G2 (N=14)		G3 (N=15)		Chi²
	%	IC	%	IC	%	IC	%	IC	
Processing location									
Open air	62,9a	12	84,85a	12,2	14,3b	18,3	60a	24,8	***
Local	79a	10,1	75,76a	14,6	100a	0	66,7a	23,9	NS
Premises used									
Family kitchen	87,3a	8,8	90,6a	10,1	63,6b	28,4	100a	0	*
Private kitchen	9,1b	7,6	0b	0	36,3a	28,4	8,33b	15,6	**
Shared kitchen	7,3b	6,9	9,4a	10,1	18,2a	22,8	8,33a	15,6	NS
Equipment used									
Basin	100a	0	100a	0	100a	0	100a	0	NS
Bucket	100a	0	100a	0	100a	0	100a	0	NS
Knife	100a	0	100a	0	100a	0	100a	0	NS
Others	88,1b	8,3	96,9a	5,9	78,6b	21,5	76,9	22,9	NS

NS: $p>0,05$; *: $p<0,05$; ***: $p<0,001$; a, b, c: percentages on the same line followed by different letters differ significantly at the 5% threshold (between groups) and intra-class percentages on the same column followed by different letters differ significantly at the 5% threshold (overall).

3.4 SNAIL PROCESSING

Figure 3 describes the process by which snail meat is obtained for consumption. Firstly, after purchase, snails are put on a diet for a few days before slaughter by a minority of processors (17.74%), compared with a majority (82.26%) who do not observe a diet. Secondly, before slaughter, snails are washed with plain water by the majority of processors (88.7%), against a minority who wash them with bleach. Simple water was used more often ($p<0.01$) in group 1 (100%) than in groups 2 (85.7%) and 3 (66.7%). Unlike those in group 1, the majority of processors in groups 2 and 3 ($p<0.01$) washed their snails with bleach (table 4). Thirdly, 85.48% of respondents crack or break the shell at the apex (for hard-shelled snail species such as *Archachatina marginata*) or break the shell (especially for brittle-shelled species such as *Achatina fulica*), against a minority who shell by scalding (20.97%) for hard-shelled species. After shucking, the meat and viscera are removed from the shell by pulling with a pointed stick. It is observed in the majority of Group 3 processors ($p<0.01$). Fourthly, once slaughtered and shelled by breaking, cracking or scalding, the visceral mass and flesh are separated by twisting by the processors (100%). Fifthly, the flesh obtained is then washed with water from SONEB (83.87%) or from wells (48.39%) or boreholes (14.52%) or cisterns (3.23%) to eliminate not only toxic waste, but also grains of sand. Sexto, hot water is poured over the flesh obtained after breaking or shattering, to better remove shell residues, grains of sand and the like. Septimo, the majority of processors (90.32%) recover the slime, while a minority (9.68%) do not. The snail meat is then cleaned with water in which lemon juice or alum is added to eliminate mucus. Lemon juice was used more in group 2 ($p<0.05$) than in groups 1 and 3. Octavo, snail meat is seasoned to improve taste and then boiled by processors for 5 to 10 min. The products sold are either cooked or boiled snail meat (100%), or fried snail meat (88.7%) in peanut or palm oil and presented either as a skewer or not.

Table 4. Snail transformation process

Variable	General (N=62)		G1 (N=33)		G2 (N=14)		G3 (N=15)		Chi²
	%	IC	%	IC	%	IC	%	IC	
Washing snails after purchase									
Plain water	88,71a	7,9	100a	0	85,7b	18,3	66,7b	23,9	**
Bleach water	11,29b	7,9	0b	0	14,3a	18,3	33,3a	23,9	**
Storage for a few days before slaughtering									
Yes	17,74b	9,5	9,09a	9,8	28,6a	23,7	26,7a	22,4	NS
No	82,26a	9,5	90,91a	9,8	71,4a	23,7	73,3a	22,4	NS
Flesh production technique									
Shell breaking at the apex	85,48a	8,8	100a	0	100a	0	40b	24,8	***
Shell removal by boiling	20,97b	10,1	0b	0	0b	0	86,67a	17,2	***
Out of the flesh									
Pulling	22,58b	10,4	0b	0	0b	0	93,3a	12,6	***
Twisting	100a	0	100a	0	100a	0	100a	0	NS
Washing after felling									
Water from SONEB	83,87a	9,2	78,8a	13,9	92,9a	13,4	86,7a	17,2	NS
Well water	48,39b	12,4	54,6a	16,9	57,1a	25,9	26,7a	22,4	NS
Borehole water	14,52c	8,8	24,4a	14,6	0a	0	6,7a	12,6	NS
Cistern water	3,23d	4,4	3,03a	5,8	7,14a	13,5	0a	0	NS
Mucus elimination									
Alum	87,1a	8,3	87,9a	11,1	71,4a	30,3	100a	0	NS
Lemon	45,2b	12,4	24,2b	14,6	100a	0	33,3b	23,8	***
Separation of flesh from slime									
Yes	90,32a	7,4	96,97a	5,22	78,6b	28,4	86,7ab	17,2	NS
No	9,68b	7,4	3,03	5,22	21,43	28,4	13,3	17,2	NS
Flesh preparation									
Boiled	100a	0	100a	0	100a	0	100a	0	NS
Fried	88,7b	7,9	90,9a	9,8	92,9a	13,4	80a	20,2	NS

NS: $p>0,05$; *: $p<0,05$; **: $p<0,01$; ***: $p<0,001$; *a, b, c*: percentages on the same line followed by different letters differ significantly at the 5% threshold (between groups) and intra-class percentages on the same column followed by different letters differ significantly at the 5% threshold (for the general).

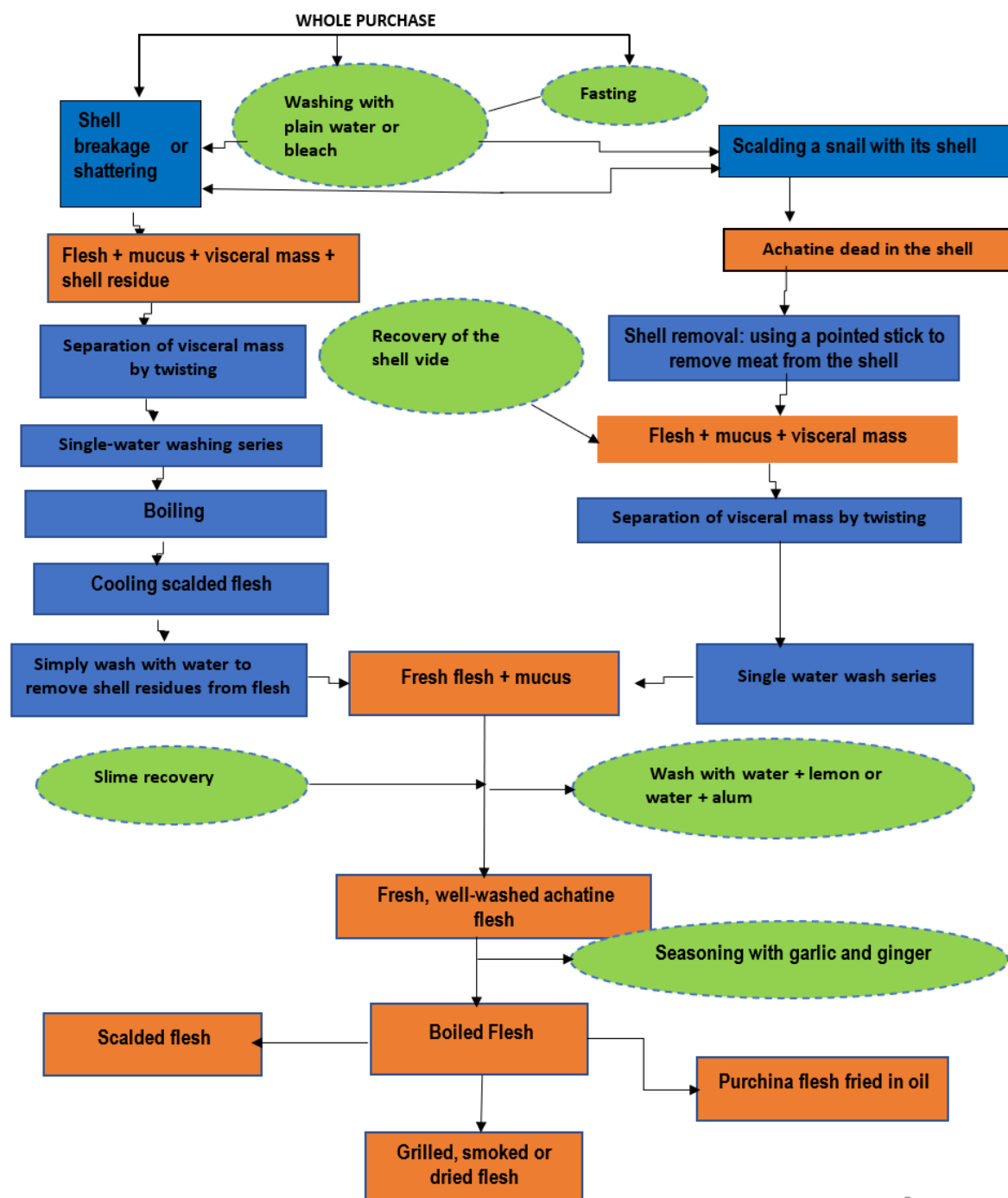


Fig. 3. Achatine processing in South-Benin

3.5 ORIGIN OF SNAILS AND PROCESSED SPECIES

Table 5 shows the African giant snail species processed, their origin, availability and preference. The most processed giant snails are, in respective order: *Archachatina marginata* (98.39%), *Achatina achatina* (96.77%), *Archachatina ventricosa* (96.77%), *Achatina fulica* (93.55%). The percentage of respondents processing *Achatina fulica* in groups 3 (100%) and 1 (96.97%) is significantly higher ($p < 0.05$) than in group 2 (78.57%). The majority of respondents (91.94%) admitted that processed snails are not available at all times. Moreover, the majority of processors (96.77%) stressed that they had no preference for any particular species. In the rainy season (100%) of players buy from collectors and resellers. In the dry season, 6.45% of players buy from breeders. Thus, processed achatines are purchased mainly from collectors and resellers. Few achatines are purchased from breeders.

Table 5. Origin of snails and processed species

Variable	General (N=62)		G1 (N=33)		G2 (N=14)		G3 (N=15)		Chi²
	%	IC	%	IC	%	IC	%	IC	
Processed species									
<i>Archachatina marginata</i>	98,39a	3,13	100a	0	92,86a	13,49	100a	0	NS
<i>Archachatina ventricosa</i>	96,77a	4,40	96,97a	5,8	92,86a	13,49	100a	0	NS
<i>Achatina fulica</i>	93,55a	0	96,97a	5,8	78,57b	21,49	100a	0	*
<i>Achatna achatina</i>	96,77a	4,40	96,97a	5,8	100a	0	93,33a	12,63	NS
Origin of processed snails									
Buying from breeders	6,45b	6,11	6,06a	8,14	0a	0	13,33a	17,2	NS
Purchase from collectors	100a	0	100a	0	100a	0	100a	0	NS
Purchase from resellers	100a	0	100a	0	100a	0	100a	0	NS
Snail availability at all times									
Yes	8,06b	6,78	3,03a	5,8	7,14a	13,49	20a	20,24	NS
No	91,94a	6,78	96,97a	5,8	92,86a	13,49	80a	20,24	NS
Species preference									
Yes	3,23b	4,40	3,03a	5,8	0a	0	6,67a	12,63	NS
No	96,77a	4,40	96,97a	5,8	100a	0	93,33a	12,63	NS

NS: $p>0,05$; *: $p<0,05$; **: $p<0,01$; ^{a, b, c}: percentages on the same line followed by different letters differ significantly at the 5% threshold (between groups) and intra-class percentages on the same column followed by different letters differ significantly at the 5% threshold (overall).

3.6 HYGIENE PRACTICES DURING SNAIL PROCESSING

Hygiene and processing practices vary between groups (Table 6). Respondents consider that they comply with hygiene rules at the level of the 5 M, namely: Raw Materials, Environment, Equipment, Labor and Methods. Surveys and observations revealed that many processors (61.3%) do not have specific clothing for processing. The majority of Group 1 processors ($p<0.001$) do not own any in contrast to Group 1, the majority of processors in Groups 2 and 3 ($p<0.001$) do. In addition, processors have at least specific clothing for their workers (77%), and workers wash their hands (73.8%). However, workers do chat (75.4%) during processing. Processors (91.4%) wash their hands after separating the visceral mass. Hand washing is done with tap water (71.9%), well water (57.9%), sometimes soap (7%) and disinfectant (1.8%). Note that processors in groups 1 and 3 use only tap or well water, while those in group 2 use not only tap or well water, but also soap and disinfectant.

Table 6. Hygiene practices during processing

Variable	General (N=62)		G1 (N=33)		G2 (N=14)		G3 (N=15)		Chi²
	%	IC	%	IC	%	IC	%	IC	
Hygiene compliance with regard to:									
The raw material	100a	0	100a	0	100a	0	100a	0	NS
Environment	96,8a	4,4	96,9a	5,8	92,9a	13,5	100a	0	NS
Equipment	100a	0	100a	0	100a	0	100a	0	NS
Manpower	100a	0	100a	0	100a	0	100a	0	NS
Method	100a	0	100a	0	100a	0	100a	0	NS
Specific work clothing									
Yes	38,7b	12,1	9,1b	9,8	85,7a	18,3	60a	24,8	***
No	61,3a	12,1	90,9a	9,8	14,3b	18,3	40b	24,8	***
Special workforce clothing									
Yes	77,1a	10,6	78,8a	13,9	78,6a	21,5	71,4a	23,7	NS
No	23,0b	10,6	21,2a	13,9	21,4a	21,5	28,6a	23,7	NS
Chatting at work									
Yes	75,4a	10,8	78,8a	13,9	78,6a	21,5	64,3a	25,1	NS
No	24,6b	10,8	21,2a	13,9	21,4a	21,5	35,7a	25,1	NS
Washing hands of the workforce									
Yes	73,8a	11,0	78,8a	13,9	78,6a	21,5	57,1a	25,9	NS
No	26,2b	11,0	21,2a	13,9	21,4a	21,5	42,9a	25,9	NS
Hand washing after visceral mass separation									
No	8,6b	7,2	16,1a	12,9	0a	0	0a	0	NS
Yes	91,4a	7,2	83,9a	12,9	100a	0	100a	0	NS
Hand washing technique									
Well water	57,9a	12,8	66,7a	16,9	42,9a	25,9	53,9a	27,1	NS
Tap water	71,9a	11,7	76,8a	15,1	64,3a	25,1	69,2a	25,1	NS
Soap	7b	6,6	0b	0	28,6a	23,7	0b	0	**
Water with disinfectant	1,8b	3,4	0a	0	7,14a	13,5	0a	0	NS
Water, soap and disinfectant	1,8b	3,4	0a	0	7,14a	13,5	0a	0	NS

NS: $p>0,05$; *: $p<0,05$; **: $p<0,01$; a, b, c: percentages on the same line followed by different letters differ significantly at the 5% threshold (between groups) and intra-class percentages on the same column followed by different letters differ significantly at the 5% threshold (overall).

3.7 MANAGEMENT OF BY-PRODUCTS AND WASTE FROM SNAIL PROCESSING

Table 7 shows how waste is managed. Once the giant snail meat has been obtained, all processors discard the visceral mass. The shells are discarded by 88.71% of processors, while 11.29% sell them. This waste is disposed of in the bush, in garbage cans and on garbage heaps. It should be noted that 90.3% of players sell the slime, while 9.7% throw it away. The slime sold is either used medicinally or in the cosmetics industry. The proportion of people selling slime in group 1 (96.97) is significantly higher ($p<0.05$) than in group 2 (78.6%).

Table 7. Management of by-products and waste from snail processing

Variable	Général (N=62)		G1 (N=33)		G2 (N=14)		G3 (N=15)		Chi²
	%	IC	%	IC	%	IC	%	IC	
Slime									
Sold at	90,3b	7,36	96,97a	5,8	78,6b	21,5	86,67ab	17,2	*
Use in medicine	100a	0	100a	0	100a	0	100a	0	NS
Use in the cosmetics industry	100a	0	100a	0	100a	0	100a	0	NS
Visceral mass									
Landing	100	0	100a	0	100a	0	100a	0	NS
Shell									
Landing	88,71a	7,88	87,9a	11,1	92,9a	13,5	86,67a	17,2	NS
Sold	11,29b	7,88	12,1a	11,1	7,14a	13,5	13,33a	17,2	NS

NS: $p > 0,05$; *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ^{a, b, c}: percentages on the same line followed by different letters differ significantly at the 5% threshold (between groups) and intra-class percentages on the same column followed by different letters differ significantly at the 5% threshold (overall).

3.8 MARKETING AND STORAGE OF PROCESSED SNAILS

The marketing and preservation of giant African snails processed in South Benin is specific to each group (Table 3.8). Giant African snail meat is marketed in South Benin as boiled, fried, smoked, dried or grilled. Most snail meat is sold fried (95.2%), followed by boiled (2.4%) and smoked, dried or grilled (2.4%). The proportion of respondents selling fried meat in groups 1 (100%) and 3 (100%) was significantly higher ($p < 0.05$) than in group 2 (77.8%). It is sold to direct consumers, intermediaries, hotels and restaurants, processors, supermarkets, small retailers, large distributors and on the international market. In terms of purchase levels, direct consumers (100%) lead the way, followed by intermediaries (93.1%) and then hotels and restaurants (51.7%). Processors, supermarkets, small retailers, large distributors and the international market are supplied to a lesser degree. The meat is grilled at the request of certain direct consumers. Boiled meat is more commonly sold to hotels or restaurants, processors, supermarkets and internationally. The proportion of people selling meat to hotels and restaurants in groups 3 (84.6%) and 2 (53.8%) was significantly higher ($p < 0.05$) than in group 1 (37.5%). Fried meats are the most commercialized. They are packaged more in skewers (94.4%) and less in batches of 5 to 15 (7.4%). Achatine meat is sold at bus stations, crossroads, at on-site processors in towns and elsewhere. The proportion of people selling meat in town in group 1 (96.7%) was significantly higher ($p < 0.05$) than in groups 2 (69.2%) and 3 (76.9%). The majority of respondents (95.2%) acknowledged that they had often experienced poor sales. Unsold products are mostly preserved (77%) by soaking in water, then re-seasoned and fried the following day. The proportion of processors in groups 2 (100%) and 3 (92.3) using this preservation technique was significantly higher ($p < 0.01$) than in group 1 (61.3%). Other processors left the remaining products in the lee or in open plastics (43.1%). The proportion of processors in groups 1 (58.1%) and 2 (42.9%) using this preservation technique was significantly higher ($p < 0.01$) than in group 3 (7.7%). Very few processors (3.4% and 5.2% respectively) put unsold products in cool storage (in a freezer or refrigerator) or in food storage units. The proportion of processors using the chilling technique in group 3 (15.38%) was significantly higher ($p < 0.05$) than in groups 1 and 2 (0%).

Table 8. Marketing and storage of processed snails

Variable	Général (N=42)		G1 (N=22)		G2 (N=9)		G3 (N=11)		Chi²
	%	IC	%	IC	%	IC	%	IC	
Products sold									
Fresh or boiled meat	2,4b	4,6	0a	0	11,1a	20,5	0a	0	NS
Fried meat	95,2a	6,4	100a	0	77,8b	27,2	100ab	0	*
Smoked, dried or grilled meat	2,4b	4,6	0b	0	11,1a	20,5	0a	0	NS
Buyers									
Direct consumer	100a	0	100a	0	100a	0	100a	0	NS
Local market consumer	93,1b	6,5	96,9a	6,0	92,3a	14,5	84,6a	19,6	NS
Hotels and restaurants	51,7c	12,9	37,5b	16,8	53,8ab	27,1	84,6a	19,6	*
Processor	8,6d	7,2	6,2a	8,4	15,4a	19,6	7,7a	14,5	NS
Supermarket	5,2d	5,7	3,1a	6,0	15,4a	19,6	0a	0	NS
Small retailer	10,3d	7,8	3,1a	6,0	23,1a	22,9	15,4a	19,6	NS
Large distributor	5,2d	5,7	3,1a	6,0	15,4a	19,6	0a	0	NS
International market	5,2d	5,7	3,1a	6,0	15,4a	19,6	0a	0	NS
Other customers	5,2d	5,7	3,1a	6,0	7,7a	14,5	7,7a	14,5	NS
Conditionally for sale									
Batch of 5 to 15	7,4b	6,9	6,7a	8,9	15,4a	19,6	0a	0	NS
Skewer	94,4a	6,1	96,7a	6,4	84,6a	19,6	100a	0	NS
Points of sale									
Bus station	71,4a	11,8	73,3a	15,8	76,9a	22,9	61,5a	26,4	NS
Carrefour	85,7a	9,2	83,3a	13,3	76,9a	22,9	100a	0	NS
On site	82,1a	10	93,3a	8,9	69,2a	25,1	69,2b	25,1	NS
In town	87,7a	8,6	96,7a	6,4	69,2b	25,1	76,9b	22,9	*
Other point of sale	17,9b	10	20a	14,3	15,4a	19,6	15,4a	19,6	NS
Unsale									
No	4,8b	5,3	9,1a	9,8	0a	0	0a	0	NS
Yes	95,2a	5,3	90,9a	9,8	100a	0	100a	0	NS
Managing unsold products									
Cool storage	3,4c	4,7	0b	0	0ab	0	15,4a	19,6	*
Leave in lee or open plastic	43,1b	12,7	58,1a	17,4	42,9a	26,9	7,7b	14,5	**
Leave in food racks	5,2c	5,7	3,2a	6,24	7,14a	14	7,7a	14,5	NS
Preservation (of remaining products)	77,6a	10,7	61,3a	17,1	100b	0	92,3b	14,5	**

NS: $p > 0,05$; *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; a, b, c: percentages on the same line followed by different letters differ significantly at the 5% threshold (between groups) and intra-class percentages on the same column followed by different letters differ significantly at the 5% threshold (overall).

3.9 DIFFICULTIES ENCOUNTERED BY SNAIL PROCESSING UNITS

The difficulties encountered by processing units are of three kinds: processing problems, marketing and conservation. Our survey revealed that processing materials is inadequate (96.8%). This inadequacy is particularly noticeable in groups 1 and 2 ($p < 0.05$) compared to group 3. Processing time is very long in all three groups (table 3.9). Other processing-related problems (injuries caused by shell residues, the knife and stick used to remove the flesh from the shell, frequent illnesses caused by putting one's hand too far into the water, panic attacks, and as we are used to being in contact with wood fires, eye problems, etc.) were more frequent in group 3 ($p < 0.001$) than in groups 1 and 2. Several problems are linked to the sale of the product, such as: distant market, plethora of processors and inaccessibility of the channels in the rainy season or in any season and others (passage of customers who consume it, holidays, weekends, etc.). The plethora of processors is more noticeable ($p < 0.05$) in groups 2 and 3 than in group 1. With regard to conservation, we note a lack of adequate conservation materials, ignorance of appropriate conservation techniques and other factors.

Table 9. Problems registered during survey

Variable	Général (N=62)		G1 (N=33)		G2 (N=14)		G3 (N=15)		Chi²
	%	IC	%	IC	%	IC	%	IC	
Problems related to processing									
Inadequate processing materials	96,8a	4,40	100a	0	100a	0	86,67b	17,20	*
Long processing time	4,84b	5,34	3,03a	5,8	0a	0	13,33a	17,20	NS
Other	6,56b	6,21	0b	0	0b	0	28,57a	23,66	***
Flow-related problems									
No problem	35,5a	11,91	48,5a	17,1	28,6a	23,7	13,33a	17,20	NS
Distant market	9,68b	7,36	15,15a	12,2	0a	0	6,67a	12,63	NS
A plethora of transformers	43,6a	12,34	30,3b	15,9	71,4a	23,7	46,7ab	25,25	*
Inaccessible roads in the rainy season	6,45b	6,11	9,1a	9,8	0a	0	6,67a	12,63	NS
All-season track inaccessibility	1,61b	3,13	3,03a	5,8	0a	0	0a	0	NS
Other	36,1a	12,05	30,3b	15,7	21,4b	21,5	64,3a	25,10	*
Conservation problems									
None	3,3b	4,47	0a	0	7,1a	13,4	7,14a	13,5	NS
Lack of adequate storage materials	96,7a	4,47	100a	0	92,9a	13,4	92,9a	13,5	NS
Lack of knowledge of appropriate preservation techniques	96,7a	4,47	100a	0	92,9a	13,4	92,9a	13,5	NS
Other	1,6b	3,16	0a	0	0a	0	7,14a	13,5	NS

NS: $p>0,05$; *: $p<0,05$; **: $p<0,01$; ^{a, b, c}: percentages on the same line followed by different letters differ significantly at the 5% threshold (between groups) and intra-class percentages on the same column followed by different letters differ significantly at the 5% threshold (overall).

4 DISCUSSION

4.1 GENDER AND LOCAL AND MATERIALS FOR SNAIL PROCESSING

The survey shows that women are more involved in the processing and marketing of giant snails in southern Benin. This finding was corroborated by [6] and [8] in Benin. This large female presence is due to the fact that food processing is often reserved for the female gender in Benin.

In the context of snail processing hygiene in southern Benin, the majority of processors surveyed, especially in groups 1 and 3, have no processing premises and processing is carried out in the open air, exposing the meat to external sources of contamination (air, flies, insects, etc.). These same practices are reported by [16] in slaughterhouses and dibiteries in Dakar, Senegal. He stresses that to guarantee meat quality, the construction of processing facilities must be encouraged. This is essential because consumers are exposed to contamination, as these animals and insects carry parasites and microbes harmful to humans. Moreover, the lack of buildings could lead to rapid contamination of the meat, as the air could carry and deposit on the meat various bacteria including pathogenic *Eicheria coli*, *Salmonella enterica*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, etc. ([17], [18]). The materials used for processing (basins, buckets, knives, etc.) is well cleaned, which limits the risk of contamination of the meat. Unfortunately, such equipment is often stored in inappropriate locations. The poor maintenance of equipment observed among some processors can also promote contamination of meat by *Salmonella enterica*, *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Listeria monocytogenes*, etc. ([17], [18]).

4.2 SNAIL PROCESSING IN SOUTHERN BENIN

In this study, snails are slaughtered by breaking the shell or by placing in hot water for a few minutes. These methods of obtaining snail meat have already been described by [19], [20] in Africa. Breaking the shell, as practiced by most processors, appears to be more hygienic, as the viscera and meat are separated before cooking, whereas scalding can lead to contamination of the meat by the visceral mass. Scalding was recorded on very few processors; this proves that the majority of processors perceive this risk. The minority who do so should opt for shell-breaking, especially as consumers find the organoleptic quality

of meat obtained by shell-breaking better than that obtained by scalding. However, shell breaking can be an obstacle to its use. Solutions should therefore be found to obtain snail meat without breaking or boiling. Other slaughtering techniques have been reported in the literature. According to [6], in addition to fasting and breaking the shell, snails are asphyxiated in a hermetically sealed box or grilled over charcoal fires during slaughter. The flesh is washed with water containing alum or lemon. The use of lemon and alum in the washing of snail meat has already been reported in Benin and other African countries ([6], [19], [20], [21]). Other solvents such as fermented cassava juice, water containing ash, water containing potassium or ammonium aluminum sulfate or salt ([19], [21]) have already been reported as solvents used to separate flesh from slime. These solvents are not used by processors because they are not informed of their potential power to rid the snail of slime. In the case of roasted or asphyxiated purchases, the flesh is directly transformed into a consumable product [6], whereas in the case of our study, whatever the form of slaughter, the flesh is always cleaned of mucus by washing with water and alum or lemon. [22] have shown that to reduce the bacteria present in the flesh of giant African snails, it is preferable to use lime, which reduces by 34.7%, followed by salt, which reduces by 34.7%. As for ash, it reduces by 16.1%, followed by vinegar, which reduces by 10%. Alum, used by the majority of processors in our study, reduces bacteria by 18.5%. Flesh purchase reserved for boiling was first washed several times with water and alum. Alum is a hydrated double sulfate of potassium and aluminum, widely used by local populations to remove not only dirt, but also the slimy substance from achatine flesh [23].

4.3 SNAIL ORIGIN AND PROCESSED SPECIES

The snail species identified in this study are: *Archachatina marginata*, *Archachatina ventricosa*, *Achatina achatina*, *Achatina fulica*. [24] have already shown that the edible giant African snails in Africa are *Archachatina marginata* black, *Archachatina marginata* white, *Archachatina ventricosa* and *Achatina achatina*. The snails processed in this study were purchased from collectors and resellers. These results are in line with the findings of [6], who state that the snail trade circuit is relatively simple, with three main players: collectors, wholesalers and traders. They go on to point out that the marketing margin is relatively low for collectors and wholesalers, while it is high for traders and very high for gatherers, which encourages gathering and may lead to the disappearance of giant African snails. Hence the need to set up breeding programs. Processors here feel that snails are excessively expensive to buy from breeders, which is why they prefer to buy from collectors and then from retailers, since cheaper raw materials have a positive impact on the quantity sold and on profits. The processors surveyed, on the whole, have no preference for any one species, except for those in group 3 who, like [21], point out that consumers have a higher preference for larger snails. This is why they prefer *Archachatina marginata*. This statement confirms that of [25], who state that the most prized of all African giant snail species is *Archachatina marginata*. The strong preference for this species is due not only to its size, but also to the succulence of its flesh. It is also the most expensive species on the southern Benin markets.

4.4 HYGIENE PRACTICES DURING SNAIL PROCESSING

The majority of processors in groups 2 and 3 have specific processing clothes. Group 1 processors should introduce this practice into their routines, because processing food in street clothes or clothes intended for other uses can be a source of food contamination [18]. The problem of hygiene in snail processing is mainly due to a lack of awareness of certain hygienic measures and poor application of these measures. A minority of processors put snails down for a few days before slaughter, while the majority do not observe a diet. According to [26], snails must fast for at least 48 hours to eliminate unabsorbed food and faeces from their digestive tract. Before slaughter, snails are washed with plain water by the majority of processors against a minority who wash them with bleach, while [27] point out that the environment (soil, plants, human dejecta and others in direct contact with snails) in Benin is highly polluted with toxic metals (Pb, Al, Cd, Cu, Cr, Zn, Mn), and as the snail eats the soil, the plant the dejecta and breathes the same environment, this favors the bioaccumulation of metals in its organs and could present an immediate or long-term risk to consumers. The majority of processors understood the importance of washing their hands to avoid contamination of snail meat. Indeed, according to [28], hand hygiene for food handlers is a very important element in ensuring the microbiological protection of food. Nevertheless, in this study, washing was done with tap water, well water, sometimes soap and rarely with disinfectant while the food code states for a hand to be said to be appropriate, washing must take at least 20 seconds and include: warm running water, soap, friction between hands for 10 to 15 seconds, rinse and dry with clean water towels or warm air [29].

4.5 MANAGEMENT AND MARKETING OF PROCESSED SNAILS

The visceral mass in our study is discarded by processors. In contrast, [30] proved that the digestive (albumin gland) and genital (common hermaphroditic duct) organs of the visceral mass are not only edible, but also nutritious for consumption by humans and livestock. In our study, the shell is discarded by processors. On the other hand, according to [31], supplying additional snail shells to hens fed a feed already containing shells increases calcium intake and egg weight of the hens fed.

Giant African snail meat is marketed in South Benin mainly in fried and rarely boiled and smoked forms. According to [23], the flesh of giant African snails is consumed by the population in boiled and fried form. [32] also pointed out that these two processing methods (boiling and frying) of African giant snail meat have a positive effect on lead reduction and a negative effect on cadmium reduction. Therefore, populations should consume African giant snail meat in moderation, but favoring the fried form over the boiled form, as cadmium concentrations increase from raw to fried while lead concentrations decrease from raw to fried [32]. In the Equateur region of the Central African Republic, according to [33], there are two snail processing techniques: smoking and drying. Smoking is the most widely used technique, due to its speed and efficiency. It consists of spreading the scalded snails on a wire mesh under which a fire is lit to dry them. The advantage of smoking is that it can be carried out at any time, and the snails can be kept for over a month. Drying, on the other hand, is a technique less and less practiced, and involves exposing the scalded snails to the sun. Its disadvantage is that it requires a fairly long drying time, which poses a real problem in forest areas where the rainy season is longer. With this technique, snails have a shelf life of less than a month. These forms of snail preservation are little recorded in this study because processors do not preserve snail meat over a long period, and consequently smoking is done at the customer's request. However, [21] found that smoke-dried snail meat was generally preferred by consumers to oven-dried snail meat. The need to study the nature of the wood used for smoking is also highlighted.

5 CONCLUSION

This study confirms that the most processed giant snails are *Archachatina marginata*, *Achatina achatina* *Archachatina ventricosa* and *Achatina fulica*. Most of their meat is processed by women, who use either a process that allows them to obtain the meat after breaking the shell, or a process that allows them to obtain the meat after scalding. The hygienic quality of the snail meat obtained can be adversely affected by processing the meat in the open air, and by wearing clothing not reserved for processing. Although snails are washed with bleach before boiling, this cannot prevent the meat from being contaminated by the contents of the visceral mass, especially as most processors do not observe a diet. Not all the meat obtained is sold in a single day. So poor preservation can be detrimental to consumers. It would therefore be advisable to preserve snail meat properly, either by smoking or sun-drying, or with natural preservatives such as salt. Since there is no difference between the flesh of different processed species, does this mean that they taste the same? And do they provide consumers with the same nutritional elements?

REFERENCES

- [1] F.A.O.S.T.A.T., « Base de données ». 2023. Consulté le: 20 février 2024. [En ligne]. Disponible sur: http://faostat3.fao.org/download/Q/*/F.
- [2] « Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE) », *Annuaire statistique*, vol. 304, p, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://instad.bj/images/docs/insae-publications/annuelles/AS-INSAE/Archive/Annee_2019/Annuaire_Statistique_National_2019.pdf
- [3] D. S.R., S. C.F.A., D. J., D. M., S. M.-L., et Y. A.K.I., « Production, importation et qualité des viandes consommées au Bénin », *J. Appl. Biosci*, vol. 124, p. 12476-12487, 2018, doi: 10.4314/jab.v124i1.9.
- [4] C. J.T.C. et A. A.E., « Faune sauvage mammalienne et alimentation des populations holli et fon de la forêt classée de la Lama (Sud-Bénin) », *Cah. Agri*, vol. 13, p. 4 341-347, 2004.
- [5] K. G.B., B. G.F.M., M. P., T. G., L. K. G.A., et B. S., « Consommation de la viande de brousse par les populations des bases-vies des sociétés d'extraction des ressources naturelles à Kakamoeka (Congo) », *J. Anim. Plant Sci*, vol. 48, p. 1 8590-8604, 2021.
- [6] S. E., B. G., et C. J.C., « Caractérisation du marché des escargots géants africains (achatines) dans les départements de l'atlantique et du littoral au sud-bénin », *Tropicultura*, vol. 2, p. 83-88, 2002.
- [7] R. A. Mahoudjro, Y. A. P. Elisabeth, et Y. D. Adjouavi, « Contamination des escargots prélevés dans la vallée de l'Ouémé au Bénin par des métaux lourds et évaluation des risques sanitaires », *Int. J. Biol. Chem. Sci*, vol. 13, n° 1. p. 126-143, 2019.
- [8] A. D., A. A.B., I. G., G. D., et M. E., « Exploitation de l'escargot aquatique *Lanistes varicus* (Müller, 1774) dans la Basse Vallée de l'Ouémé au Bénin, Afrique de l'Ouest », *Int. J. of Biolog. Chem. Sci*, vol. 16, p. 4 1608-1620, 2022.
- [9] K. O. D., H. M. C. S., et M. G. A., « Test de trois sources de calcium dans l'alimentation des achatines ou escargots géants africains (*Archachatina* sp.) Bulletin de la recherche agronomique du Bénin. Numéro 53-septembre 2006 ». 2006.
- [10] N. C. G. R., L. O. T., D. M., et C. J. T. C., « Influence de la densité de populations sur les performances de croissance de *Archachatina marginata* (Swainson) en élevage contrôlé », in *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB), Numéro spécial Elevages de gibier et non gibier*, 2012, p. 1-8.

- [11] A. A. Onzo-Aboki *et al.*, « Water quality and dynamic of Schistosomiasis intermediate host snails in the Lake areas, District of So-Ava, Southern Benin », *International Journal of Multidisciplinary and Current Research*, vol. 6, p. 1390-1398, 2018.
- [12] O. E., T. Y., S. W. H. S., A. B. G. C., et T. I. Alkoiret, « Effet de la variation du niveau en protéine sur les performances zootechniques de l'escargot *Archachatina marginata* (Swainson, 1821) et la morphologie des naissains en élevage hors-sol au nord-Bénin », *Afrique SCIENCE*, vol. 15, n° 6, p. 1-10, 2019.
- [13] F. Husson, S. Lê, et J. Pagès, « Analyse de données avec R », *Pratique de la statistique*, n° usson, p. 978-2-7535-4869-5, 2016.
- [14] P.-A. Cornillon, A. Guyader, F. Husson, N. Jégou, J. J., et N. Klutchnikoff, « R pour la statistique et la science des données ». Presses Universitaires Rennes, Rennes.
- [15] S.A.S., *SAS/STAT User's guide, vers, 9.4 Utilities*. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc, 2013.
- [16] B. Youbbare, Appréciation des risques de contamination microbienne de la viande de petits ruminants dans les abattoirs et dibiteries de Dakar, Sénégal. Master en Santé Publique et Vétérinaire, École Inter État de Médecine Vétérinaire de Dakar, Sénégal, 2014.
- [17] S. C.F.A. *et al.*, « Evaluation du procédé d'abattage des bovins aux abattoirs de Cotonou-Porto- Novo au sud du Bénin », *Int. J. Biol. Chem. Sci*, vol. 6, p. 6049-6061, 2012, doi: doi.
- [18] A. M.B., D. I., A. G.A.G., et Y. I.A.K., « Evaluation of good hygienic practices and slaughter processes for rabbit carcass production and distribution in South Benin », *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.*, vol. 9, p. 1 39-47, 2021.
- [19] C. J.R., V. A., et O. B., *Snail Farming: Production, processing and marketing*. Wageningen: Agromisia Foundation, 2008.
- [20] A. S. A. O., B. O.T., et A. T. A. A. T.O., « Processing and utilization of snail meat in alleviating protein malnutrition in Africa: a review », *Nutr Food Sci*, p. 50 1085-1097, 2020.
- [21] G. U. Emelue, S. E. Evivie, et P. Edmowande, « processing and preservation of snail meat in Benin city, Nigeria », *Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment*, vol. 9, n° 2, p. 15-19, 2013.
- [22] A. M. Adewole, F. A. Olajubu, et O. G. Nathaniel, « Different processing additives is efficacious on microbial loads and antibiotics sensitivity pattern of giant African land snail (*Archachatina marginata*) », *Nigerian Journal of Animal Production*, vol. 44, n° 5, p. 58-64, 2017.
- [23] P. S.C.B., G.N., G. M., K. O.D., et M. G.A., « Fiche Technique : Transformation de la viande d'escargot géant Africain (*Archachatina* sp et *Archatina* sp », in *Dépôt légal n° : 5116 du 05-04-2011, 2ème trimestre 2011, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin*, 2011, p. 1-4.
- [24] K. D. Kouassi, M. Karamoko, et JDMémel, « Étude comparatif de la croissance des principales espèces d'escargots géants comestibles d'Afrique », *Revue CAMES Série A*, vol. 11, p. 80-84, 2010.
- [25] S. E., B. G., et C. JC, « La cueillette des escargots géants africains (achatines) dans le village Avakpa au sud du Bénin », *Bulletin de la recherche agronomique, Numéro*, vol. 31, p. 12, 2001.
- [26] M. R. Adamou, E. Yehouenou Azehoun Pazou, et A. Y. Deguenon, « Contamination of snails collected in the Ouémé valley in Benin by heavy metals and assessment of health risks », *International journal of biological and chemical sciences*, vol. 13, n° 1, p. 126-143, 2019.
- [27] P. A. Edorh *et al.*, « An assessment of the contamination of *Achatina achatina* by toxic metals in Okpara village (Benin) », *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 3, n° 6, 2009.
- [28] B. Novakovic et R. Grujic, « Importance of adequate hand hygiene of food handlers in snail meat processing », *Journal of hygienic engineering and design*, vol. 21, p. 23-28, 2017.
- [29] G. L. R. *et al.*, « Factors related to food worker hand hygiene practices », *Journal of Food Protection*, vol. 70, 3, p. 661-666, 2007.
- [30] A. K.O., O. D.E., et A. F. A. O. M. F. M. O. A., « Nutritional value of the visceral mass of three giant African land snail species (*Archachatina marginate*, *Achatina achatina* and *Achatina fulica* », *Nig. Soc. for Anim. Prod*, vol. 44, n° 4, p. 133-138, 2017.
- [31] H. M. F., C. C. A. A. M., et O. C. R. Codjia J. T. C., « Valorisation des coquilles d'escargot dans l'alimentation ». 2013. [En ligne]. Disponible sur: http://www.ucsus.org/documents/Alaska_invasives.pdf
- [32] R. Adamou, P. E. Yehouenou, et M. B. Elegbede, « Bioconcentration of heavy metals in the snails *Archachatina marginata* and *Limicolaria* spp of the Ouémé valley in benin », *International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Science*, vol. 7, n° 8, p. 1474-1488, 2018, doi: ISSN: 2277-4998.
- [33] M. E. et Bessane, « Analyse de la filière des escargots comestibles dans la Région de l'Équateur en République centrafricaine », *Tropicultura*, vol. 24, 2, p. 115-119, 2006.

Opinions des parents sur la prise en charge des enfants hospitalisés: Cas de la pédiatrie de L'HGR Bunia en République Démocratique du Congo

[Parents' opinions on the medical care of hospitalized children: Case of paediatric department of HGR Bunia]

Heranabo Muzikale Dieudonné, Kiza Maki Claude, Kambale Amani Etienne, and Tondabo Yanga Emmanuel

Institut Supérieur des Techniques Médicales, Bunia, RD Congo

Copyright © 2025 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study aims to collect the parents' opinions on the medical care of children hospitalized in the pediatric department of HGR/Bunia. We used the semi-structured interview technique to collect parents' opinions. The occasional non-probability sampling technique allowed us to select and interview 84 parents.

At the end of the analysis of the results, the majority of the parents declared that the good reception and the administration of the drugs is done in time by the medical staff who care about the patients, although some say that the reception is bad and medications are administered late due to lack of awareness. Everyone appreciates the fact that each patient has a bed. With regard to the hygiene of the premises and the environment, a good number affirm that they are clean while a few find them to be dirty. As for the costs of hospitalization of children, almost all parents find them high.

KEYWORDS: Opinions, medical care, children, pediatric department.

RESUME: Cette étude a pour objectif de récolter les opinions des parents sur la prise en charge des enfants hospitalisés au service de la pédiatrie de l'HGR/Bunia. Nous avons recouru à la technique d'interview semi-structurée pour recueillir les opinions des parents. La technique d'échantillonnage non probabiliste du type occasionnel nous a permis de sélectionner et d'interroger 84 parents.

Au terme de l'analyse des résultats, la majorité des parents a déclaré que l'accueil bon et l'administration des médicaments se fait en temps par les corps soignants qui se soucient des malades bien que certains disent que l'accueil est mauvais et l'administration des médicaments se font en retard par manque de conscience. Tous apprécient le fait que chaque malade dispose d'un lit. En ce qui concerne l'hygiène des locaux et l'environnement, un bon nombre affirment qu'ils sont propres alors que quelques-uns les trouvent qu'ils sont sales. Quant aux coûts d'hospitalisation des enfants, la quasi-totalité des parents les trouve élevés.

MOTS-CLEFS: Opinions, prise en charge, enfants, pédiatrie.

1 INTRODUCTION

Dans les processus d'hospitalisation et de prise en charge des enfants, les parents sont les premiers à être touchés avant que cela ne soit l'ultime préoccupation des corps soignants ou de la structure sanitaire. En effet, les parents ont un rôle important à jouer dans l'accompagnement des soins de leurs enfants en ce sens que ce sont eux qui financent les dépenses liées aux traitements et que ce sont encore eux qui sont impliqués dans le suivi physique de leurs enfants à la structure sanitaire (SARRA MOUGEL, 2009: 99).

Selon l'OMS (2018: 42), les parents ont des opinions très différentes au sujet de la façon dont leurs enfants sont pris en charge. Les structures sanitaires qui font preuve d'un bon management des soins fascinent positivement les parents par la qualité des soins et les bonnes conditions d'hébergement ou d'hospitalisation pendant les périodes qui couvrent les mécanismes des soins; ce qui les amène à émettre des opinions positives sur la prise en charge infirmière, médicale, alimentaire et psycho-sociale de leurs enfants selon les catégories de pathologies qui les ont ramenés à l'hôpital.

En Afrique, l'on note beaucoup des problèmes liés aux soins administrés aux enfants hospitalisés dans les services de la pédiatrie. Plus de 45% de parents émettent des opinions négatives sur la qualité d'hospitalisation et de suivi des soins de leurs enfants. Ils décrivent l'irrégularité de la prise des médicaments, l'encadrement déficitaire des enfants malades, etc. (BITWE, DRAMAIX et HENNART, 2007: 92).

Cependant, selon LAVILLE L. et ROCH L. (2013: 18), quelques pays organisés de l'Afrique réussissent à uniformiser les mécanismes des soins aux enfants hospitalisés. Par le fait que les gouvernements nationaux s'y impliquent et que les structures sanitaires privées cherchent à garantir leurs marchés, les parents trouvent de bonnes opportunités pour être bien servis. Ils se disent considérés quel que soit le niveau socio-économique de leur vie.

LAVILLE L. et ROCH L. (2013: 18) note deux tendances d'opinions chez les parents dont les enfants suivaient les soins dans le District de Deindo de Douala. La prise en charge infirmière de qualité permet à plusieurs patients de recouvrer la vie, malgré les petits écarts entre les patients selon leurs revenus financiers qui influencent la prise en charge

Selon l'OMS (2018: 5), en RDC, moins des structures sanitaires et des centres Pédiatriques réservent des soins de qualité aux enfants hospitalisés. La qualité des soins et les modalités de suivi laissent à désirer. L'HGR/Kinshasa, lui aussi, comme plusieurs structures sanitaires de l'intérieur du pays, est signalé parmi négatifs de prise en charge des enfants. Par conséquent, les parents s'en indignent considérablement au point de s'attacher parfois aux soins à domicile ou à l'automédication avec tous les risques, ce qui accentue le taux de mortalité chez les enfants de 0 à 5 ans. Toutes les provinces du pays sont touchées par ce fléau, y compris l'Ituri.

Lors de notre passage au service de la pédiatrie de l'HGR/Bunia, nous avons trouvé un nombre important d'enfants hospitalisés. Nous avons pensé que le facteur qui les attirait était la bonne prise en charge infirmière et médicale, et les bonnes conditions d'hospitalisation. Cependant, quelques temps après, nous avons reçu des plaintes de certains parents. Les uns disaient que leurs enfants recevaient les soins en retard ou irrégulièrement et certains affirmaient que leurs enfants étaient parfois oubliés. Quelques-uns ont même évoqué la discrimination socio-économique dans les processus de prise en charge alors que d'autres décriaient l'environnement hospitalier qu'ils trouvaient malsain.

C'est dans ce contexte que la présente étude a été initiée en vue de comprendre davantage ce que les parents pensent du service leur offert. Notre objectif est de recueillir les opinions des parents sur la prise en charge de leurs enfants hospitalisés et le coût d'hospitalisation dans le service pédiatrique de l'HGR/BUNIA.

Les réponses ainsi obtenues serviront de guide aux gestionnaires de ce service en vue d'améliorer les conditions d'hospitalisation et la qualité des soins administrés aux enfants hospitalisés.

2 MATERIEL ET METHODE

La présente étude a été effectuée au service de la pédiatrie de l'Hôpital Général de Référence de Bunia. L'HGR/Bunia se situe au Quartier Bigo, dans la ville de Bunia, chef-lieu de la Province de l'Ituri, au nord-est de la République Démocratique du Congo.

Cette structure sanitaire est l'une des plus anciennes structures et reste l'un des plus grands hôpitaux de l'Ituri ayant la facilité d'organiser pratiquement tous les services de soins à son sein. Le service de la pédiatrie de l'HGR/Bunia est abrité par deux bâtiments dont l'un est occupé par la néonatalogie et l'autre part la pédiatrie générale répartie en deux unités l'urgence pédiatrique et la MPC qui est une chambre qui accueille les enfants malnutris sévères avec complications. La capacité d'accueil de 84 lits. Son personnel est composé de 3 médecins, 2 infirmiers As, 13 infirmiers A1, 6 infirmiers A: et 1 infirmiers As, et 4 hygiénistes.

La présente étude est du type exploratoire appuyé par la méthode phénoménologique. Elle a été menée durant la période allant du 1 janvier 2025 au 30/03/2025, soit une durée de cinq mois.

La population de notre étude est constituée de tous les parents ou garde-malades des enfants ont été hospitalisés au service de la pédiatrie de l'HGR/BUNIA au cours de la période couvrant notre récolte des données. Ce service a enregistré, durant cette

période, un total de 84 enfants hospitalisés dont les responsables ont été retenus comme échantillon, soit un échantillonnage non-probabiliste occasionnel.

Pour recueillir les opinions des parents, nous avons recouru à la technique d'interview semi-structuré, appuyée par un questionnaire d'enquête préétabli.

Pour analyser et interpréter nos résultats, nous avons utilisé la technique d'analyse de contenu. Elle nous a permis d'explorer les opinions des parents relatives à la prise en Charge des enfants hospitalisés dans le service de la pédiatrie.

3 RESULTATS

3.1 PRISE EN CHARGE AU SERVICE DE LA PEDIATRIE DE L'HGR

En analysant les opinions des parents concernant l'accueil et la prise en charge médicale, il s'avère que la plupart apprécient l'accueil leur réservé par le personnel de ce service et la manière dont le personnel s'occupe de leurs malades, essentiellement par la régularité de l'administration des médicaments qui se fait en temps. Ils l'expriment en ce termes:

« A mon avis, la qualité de l'accueil est bonne qu'on n'arrive pas à négliger les gens et l'administrations de médicament se fait en temps à la pédiatrie à l'HGR/BUNIA, ce qui permet aux enfants de recouvrer leur santé après les soins administrés » (Parent de 28 ans, sexe féminin, niveau d'étude secondaire, commerçante). A un autre d'ajouter *« la qualité de l'accueille est bonne, ils ont vraiment le souci De soigner les malades, c'est pourquoi l'administration se fait toujours en temps »* (Parent de 48, sexe masculin, niveau d'étude primaire, cultivateur).

Par contre, un autre groupe des parents juge de mauvaise qualité l'accueil leur réservé et estiment que l'administration de médicaments se fait souvent en retard suite au négligence du corps soignant, à moins que le parent ou le garde-malade soit une des connaissances de la personne soignante. Ci-dessous quelques déclarations épinglées:

« Je trouve que la qualité d'accueille est mauvaise et l'administration de médicaments se fait souvent en retards au service de la pédiatrie à l'HGR/BUNIA » (Parent de 25 ans, sexe masculin, niveau d'étude universitaire, enseignant). Pour un autre parent, *«...l'accueil est bon si vous avez la connaissance, mais l'administration des médicaments se fait en temps »* (Parent de 28 ans, sexe féminin, niveau d'étude secondaire, enseignante). Un autre affirme que ça dépend d'une personne a une autre, il dit que *« la qualité de l'accueil dépend du degré de connaissance que vous avez avec le personnel soignant et le suivi de votre aussi en dépendra, mais en général le service rendu est assez bon »* (Parent de 44 ans, sexe masculin, niveau d'étude primaire, chef d'avenue).

3.2 CONDITIONS D'HOSPITALISATION AU SERVICE DE LA PEDIATRIE

D'après les propos recueillis auprès des parents, il s'avère que la majorité des parents ont trouvé acceptables les conditions d'hospitalisation du fait que chaque malade peut être reçu sur un lit avec matelas et moustiquaire, les locaux sont nettoyés tous les jours, les ouvriers se démènent pour maintenir les cours et abords propres, les latrines sont en bon état de propreté et l'eau de boisson est propre, surtout qu'on utilise des produits comme les désinfectants pour le nettoyage et le chlore pour l'eau des boissons. Cette affirmation est contenue dans les déclarations suivantes:

«... l'hygiène des locaux se fait chaque matin, la cour est régulièrement nettoyée, les latrines et l'eau sont propres » (parent de 28 ans, sexe féminin, niveau d'étude secondaire, fonction enseignante). A ceci une autre ajoute *«... au moins ici chaque malade trouve un lit avec matelas et moustiquaire, ce n'est pas comme ailleurs où l'on hospitalisé deux malades sur un lit, en plus la propreté est maintenue que ce soit dans les locaux, latrines et sur la cour »* (parent de 48, sexe féminin, niveau d'étude primaire, ménagère). Sous le même angle une jeune maman poursuit en disant *«... ici ça ne dégage pas comme dans les autres hôpitaux, ils utilisent des produits qui neutralisent l'odeur pour nettoyer la salle et les toilettes. L'eau qu'on utilise est propre, chaque malade a son lit, ce qui n'est pas le cas ailleurs... »* (parent de 21 ans, du sexe féminin, niveau d'étude secondaire, ménagère).

Malgré que la majorité apprécie les conditions, un groupe des parents continue à déplorer les conditions d'hygiène des locaux qui, d'après eux, ne sont nettoyés que quelques fois par semaine, surtout en ce qui concerne les latrines que certaines personnes utilisent très mal, en plus, l'eau de boisson n'est pas traitée. Ils le disent en ce termes:

«... le plus souvent, les locaux dégagent une odeur parce qu'on ne les nettoie que quelques jours au courant de la semaine, l'eau de boisson n'est pas traitée et les latrines ne sont pas propre au service de la pédiatrie » (Jeune de 26 ans, sexe masculin, niveau d'étude secondaire, chômeur). Un autre ajoute *«... l'état de locaux qu'on ne nettoie que quelques fois au courant d'une*

semaine n'est pas propre, surtout les toilettes et les douches. Et puis l'eau qu'on utilise ici n'est pas traitée » (Parent de 30 ans; sexe masculin, niveau d'étude primaire, taximan).

3.3 COUT D'HOSPITALISATION AU SERVICE DE LA PEDIATRIE

Il ressort des affirmations des parents que le coût forfaitaire, tel que fixé au service de la pédiatrie de l'HGR/Bunia, est avantageux au patient qui a passé un long séjour à l'hôpital, et très élevé pour un patient qui a eu bref séjour. Voici quelques-unes de leurs déclarations:

«... Nous trouvons que le coût est moins cher pour les patients qui font plusieurs jours ici » (Parent de 29 ans, sexe féminin, niveau d'étude secondaire, enseignante). Cette même opinion est reprise par un autre parent en ces termes *«... si votre malade a passé plusieurs d'hospitalisation, le tarif forfaitaire est avantageux, dans le cas contraire ça sera très élevé pour un séjour »* (Parent de 35 ans, sexe masculin, niveau d'étude universitaire, enseignant). Une autre maman confirme ces propos en disant *«... quel que soit le nombre de jours que votre enfant a passé ici, vous payez le même montant, donc pour ceux qui font plusieurs jours c'est bon »* (parent de 48 ans du sexe féminin, niveau d'étude primaire et profession cultivatrice).

D'autres parent trouvent même que les coûts d'hospitalisations sont trop élevés vu que l'on ne compte pas les nombres des jours à l'hôpital, que vous fassiez un jour ou plus, tous vous payez les mêmes montants. Ceci est contenu dans les propos qui suivent:

«... On ne tient pas compte de ce que votre enfant a consommé, ni de nombre de jours d'hospitalisation pour la facturation. Tout le monde paye un forfait et c'est très cher quand vous avez passé un ou deux seulement à l'hôpital » (Parent de 32 ans, du sexe masculin du niveau supérieur, fonction enseignante). Cette idée est partagée avec cette jeune maman qui dit que *«... le plus souvent, le coût d'hospitalisation des enfants sont chers au service de la pédiatrie de HGR/Bunia, surtout avec le forfait qu'on paye on ne sait estimer le vrai coût»* (Parent de 25 ans, du sexe féminin, du niveau primaire et cultivatrice), tel est aussi le propos d'un de l'Etat *«... à l'HGR/Bunia, les coûts d'hospitalisation sont très chers* (Parent de 38 ans, sexe masculin, universitaire, agent de l'Etat)

4 DISCUSSION

4.1 PRISE EN CHARGE AU SERVICE DE LA PEDIATRIE DE L'HGR

D'après les résultats de nos investigations, la plupart des parents apprécie l'accueil que leur réserve le personnel du service de la pédiatrie de l'HGR/Bunia et la manière dont il s'occupe de leurs patients, essentiellement en terme de la régularité de l'administration des médicaments qui se fait en temps.

Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par CISSE D. et al. (2016: 44) lors de l'évaluation des satisfactions des patients des enfants hospitalisés dans le service de pédiatrie de CHU de Treichville où 2 parents sur 3 ont apprécié la qualité de prise en charge et les échanges avec les personnels sur la nature d'affections dont souffrent leurs enfants.

La satisfaction, en ce qui concerne l'accueil, a été aussi prouvée lors d'une enquête menée par YAMEOGO AR et al. (2017) auprès des 68,1% des patients ayant recouru au service de service de la cardiologie du CHU Yalgado Ouedraogo et 84,7% avaient apprécié la qualité de soins.

Par contre, les résultats de l'étude menée par ZERBO Z (2018: 430) auprès des accompagnants des patients hospitalisés dans les services du département de Pédiatrie du Centre Hospitalier Universitaire Sourou Sanou (CHUSS) de Bobo-Dioulasso sont mitigés. L'accueil n'a été appréciée que par 41,3% et la qualité humaine et des soins dispensés par le personnel, par 49,5%. A cela GHIDAOU L. et al. (2016: 149) ajoutent que le niveau d'éducation des accompagnants est un facteur qui influence négativement la satisfaction.

Au regard du profil de nos enquêtés, ressort que les personnes ayant un niveau d'instruction élevée n'apprécient pas du tout la prestation du service alors que les autres trouvent cette situation meilleure que celle qu'ils vivent ailleurs

4.2 CONDITIONS D'HOSPITALISATION AU SERVICE DE LA PEDIATRIE

Les conditions d'hospitalisation au service pédiatrique de l'HGR/Bunia sont acceptables Selon le dire d'un bon nombre de parents puisque chaque malade dispose d'un lit avec matelas et moustiquaire, les locaux sont nettoyés régulièrement chaque matin, les cours et abords sont maintenus propres, les latrines sont en bon état de propreté et l'eau de boisson est propre.

L'usage de désinfectants et d'autres produits antiseptiques pour le nettoyage et le traitement de l'eau des boissons constitue un élément important de cette satisfaction.

D'après les résultats trouvés par DIOUF M. et al. (2010: 228), les conditions d'hygiène et de propreté, d'asepsie et d'antisepsie qui font partie des critères d'appréciation de la sécurité des soins, semblaient négligées, puisque seuls 55,1% des patients expriment leur satisfaction en ce domaine. Ils concluent en disant que dans un contexte de prévalence relativement élevée des maladies transmissibles (infections à VIH et hépatites), l'hygiène doit être une préoccupation majeure et doit être mise en œuvre de manière rigoureuse lors des soins pour assurer la sécurité sanitaire des usagers.

La non satisfaction a été également observée par ZERBO Z (2018: 421) au département la Pédiatrie du CHUSS de Bobo Dioulasso où seuls soit 39,9% étaient satisfaits des conditions d'hébergement des enfants alors que pour 85,9% le confort de la chambre était au moins bon. Les principaux motifs qu'ils évoquent sont notamment l'absence de toilettes, pas d'accès à la télévision et les enfants n'ont pas d'espace pour se recréer (la lecture, le cinéma, les jeux de sociétés,...).

Nos résultats sont plutôt similaires à ceux que YAMEOGO A.R. et al. (2017) ont trouvés chez les patients ayant bénéficié du service de la cardiologie du CHU Yalgado Ouedraogo qui, à 89,4%, trouvaient satisfaisants la propreté et le confort de la chambre car toute l'unité d'hospitalisation était nettoyée tous les matins par une équipe de nettoyage de l'hôpital. Toutefois, le confort et la propreté dépendent également du niveau socio-économique de la population étudiée, de ce fait ils restent très subjectifs concluent-ils.

Néanmoins, poursuivent-ils, ce nettoyage reste insuffisant car il est fait à la hâte, très tôt le matin ce qui dérange les patients. De plus, après ce nettoyage matinal, il n'y a plus de nettoyage toute la journée. En cas de besoin, il est réalisé par les accompagnants ou les filles de salle qui sont en nombre insuffisant dans le service. Les patients ne disposaient pas de poubelle individuelle mais d'une poubelle commune à proximité du service.

Ce serait aussi le cas de la pédiatrie de l'HGR de Bunia où le nettoyage est une fois le matin et pourrait être fait de manière insuffisante, ce qui entraîne l'odeur dont parle certains parents.

4.3 COUT D'HOSPITALISATION AU SERVICE DE LA PEDIATRIE

La tarification forfaitaire est jugée différemment par nos sujets. Pour les uns c'est avantageux, si l'enfant a passé un long séjour à l'hôpital, et pour les autres c'est exorbitant, surtout lorsque vous avez un nombre réduit des jours d'hospitalisation.

En matière de cout de soins, MAOTELA J. et al. (2019: 3208) ont compilé les résultats des études antérieures sur le même sujet et ont trouvé que le recouvrement de coûts dissuade la population de se rendre aux centres de santé pour y être soignée. Ce système de paiement exclut les pauvres des soins de santé. HADDAD et al. (1995: 748), à Nioki, ont montré que l'utilisation des services de santé diminuait de près de 40% sur 5 ans (1987-1991) et que 18 à 32% de cette baisse s'expliquait par le coût de soins malgré l'amélioration de la disponibilité des médicaments, des compétences du personnel et de meilleurs équipements médicaux.

Les frais d'utilisation ont entraîné une faible utilisation des établissements de santé publique, l'exclusion des soins de santé et l'exacerbation de l'appauvrissement, obligeant beaucoup à rechercher des soins alternatifs. Les obstacles financiers ont touché 30 à 60% des personnes nécessitant des soins de santé. Les autres systèmes de paiement, qui exigent des honoraires des utilisateurs, tel que des frais forfaitaires, n'ont pas amélioré de manière adéquate la couverture des besoins essentiels en matière de santé, en particulier pour les plus pauvres et les plus vulnérables (MASIYE F., 2010: 747; PONSAR F., 2011: 96).

En cette période où l'Ituri fait face au regain de l'insécurité, plusieurs ménages ont été contrains de quitter leur milieu de vie, ce qui n'a fait qu'augmenter le niveau de la pauvreté et de la vulnérabilité des plus d'une personne. D'où faute de moyen, même si le cout est bas, il ne sera pas à la portée de toutes les bourses.

5 CONCLUSION

Cette étude portant sur les opinions des parents sur la prise en charge des enfants hospitalisés au service de la pédiatrie de 1 HGR/BUNIA, a pour objectif de récolter les opinions des parents. Après l'analyse des résultats, nous pouvons retenir les points saillants suivants sur la majorité de réponses des parents Les uns ont déclaré que l'accueil est bon et que l'administration des médicaments se fait en temps tandis que les autres disent que l'accueil est mauvais et que l'administration des médicaments se fait en retard, suit aux discriminations qui favorise l'irrégularité des soins. Concernant l'hygiène des locaux et environnementaux, un bon nombre affirment que l'unité pédiatrique est propre. Quant aux couts d'hospitalisations des enfants, la quasi-totale des parents les trouve élevés.

Eu regard à cette situation, nous recommandons aux autorités sanitaires d'améliorer les conditions sociales des personnels soignants en général et en particulier ceux qui œuvrant dans le service de pédiatrie, en vue de les motivés pour éviter les antivaleurs. D'approvisionner les structures sanitaires avec les médicaments et Les matériels, en vue de diminuer les couts d'hospitalisations.

REFERENCES

- [1] BITWE, R., DRAMAIX, M., & HENNART, P., 2007, « Qualité des soins donnés aux enfants gravement malades dans un hôpital provincial en Afrique Centrale», In Santé Publique, 19, 401-411, DOI: 10.3917/SPUB.075.0401.
- [2] CISSE, D., et al., 2016, Part des dépenses de soins bucco-dentaires dans les dépenses de santé des institutions de protection sociale du Sénégal » In SCIENCES DE LA SANTE [SS]: Cahier de Santé Publique, Editions Universitaires de la Côte d'Ivoire, Vol. 11 (no 2), pp 40-46. Num ISSN: 1817-5538, disponible sur 5&arti-417#article.
- [3] DIOUF, M., et al., 2010, Évaluation de la satisfaction des patients admis en service d'odontologie à Dakar, In Pratiques et Organisation des Soins, Vol. 41 (no 3), pp 225-230.
- [4] GHIDAOUL, L. et al., 2016, « Satisfaction des parents des enfants hospitalisés en service de médecine physique réadaptation », In Journal de Réadaptation Médicale Pratique et Formation en Médecine Physique et de Réadaptation, Vol. 36 (no 3), pp 147-152.
- [5] HADDAD, S. & FOURNIER, P., 1995, « Quality, cost and utilization of health services in developing countries. A longitudinal study », In Zaire Soc. Sci. Med.; Vol. 40, pp 743-753.
- [6] LAVILLE, L. et ROCH, L., 2013, L'impact de la présence des parents auprès de leur enfant lors des soins douloureux: Une revue de littérature étoffée, Travaux de Bachelor Thesis, Inédit, Haute Ecole de Santé, Fribourg, 218 p.
- [7] MAOTELA J., MULOPO P., et MUKALENGE F., 2019, Analyse des modalités de financement des soins de santé en République démocratique du Congo: Une revue systématique», in Ann. Afr. Med., Vol. 12 (n° 2), pp 3203-32019.
- [8] MASIYE, F., CHITAH, B.M. & MCINTYRE, D., 2010, « From targeted exemptions to user fee abolition in health care experience from rural Zambia », In Soc Sci Med., Vol 71, pp 743-750.
- [9] OMS, 2018, Directives de l'OMS sur la politique de santé et l'accompagnement au sein du système en vue d'optimiser les programmes relatifs aux agents de santé communautaires, Organisation mondiale de la Santé, disponible sur <https://apps.who.int/iris/handle/10665/325564>, License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO, 112 p.
- [10] OMS, 2018, Directives de l'OMS sur la politique de santé et l'accompagnement au sein du système en vue d'optimiser les programmes relatifs aux agents de santé communautaires, Genève, Organisation mondiale de la Santé Organisation mondiale de la Santé, ISBN 978-92-4-255036-8, 112 p. disponible sur <https://coregroup.org/wp-content/uploads/2020/02/who-guideline-chwprograms-fr.pdf>, consulté le 8juin 2018.
- [11] PONSAR, F.et al., 2011, « No cash, no care: how user fees endanger health-lessons learnt Regarding financial barriers to healthcare services in Burundi, Sierra Leone, Democratic Republic of Congo, Chad, Haiti and Mali», In Int Health, Vol. 3, pp 91-100.
- [12] SARA M., 2009, Au chevet de l'enfant malade. Parents/ professionnels, un modèle de partenariat, Séries «Sociétales», Paris, Armand Colin, EAN: 9782200355593, 271 p.
- [13] YAMEOGO, A.R. et al., 2017, « Evaluation de la satisfaction des patients dans le service de cardiologie du CHU Yalgado Ouedraogo In Pan Afr Med J. Vol 27 (28), 267. DOI: 10.11604/pamj 2017.28.267.13288.
- [14] ZERBO, Z, 2018, Evaluation de la satisfaction des accompagnants des patients hospitalisés dans les services du département de Pédiatrie du Centre Hospitalier Universitaire Sourou Sanou (CHUSS) de Bobo-Dioulasso, Thèse N° 130, Inédit, UNIVERSITE NAZI BONI (UNB).

Étude topographique des lotissements cadastraux des quartiers Joli Site RVA et Golf pour le drainage des eaux météoriques et domestiques (cas de la ville de Kolwezi, RD Congo)

[Topographic study of the cadastral subdivisions in the Joli Site RVA and Golf neighborhoods for the drainage of stormwater and domestic wastewater (case of the city of Kolwezi, DR Congo)]

KAYEYE MAHAMBA Jean Paul¹ and MUNAN WAN²

¹Chef de travaux à l'Institut Supérieur des techniques Appliquées de Kolwezi, Ingénieur Civil des Mines de l'université de Lubumbashi, RD Congo

²Arpenteur au Cadastre foncier, Ingénieur en techniques Appliquées de l'ISTA-Kolwezi, RD Congo

Copyright © 2025 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: Population growth led to the creation of new neighborhoods including JOLI SITE RVA and Golf at Kolwezi city in the Democratic Republic of Congo. Unfortunately, it is noticed that the creation of these housing estates is not usually preceded by an urban development plan inducing the consequence of difficult weather management. This article proposes a ground survey study of these new areas in the aim to managing meteoric water and consequently household water. Based on the geographical coordinates of the concerned land, we discovered that these neighborhoods are in an area belonging to three large basins. Thus, we designed a drainage network of 54530.6 meters long consisting of 29281 m of main collectors, 21870.25 m of secondary collectors and 2839.44 m of tertiary collectors.

KEYWORDS: Subdivision, Topography, contour line, meteoric water, watershed, Drainage, network, collector.

RESUME: La croissance démographique amène à la création des nouveaux quartiers dont JOLI SITE RVA et Golf dans la ville de Kolwezi en République Démocratique du Congo. Il se constate malheureusement que la création de ces lotissements n'est pas habituellement précédée d'un plan d'urbanisation. Cela a pour conséquences, la gestion difficile des intempéries. Cet article a proposé une étude topographique de ces nouveaux quartiers en vue d'une gestion des eaux météoriques et par conséquent des eaux de ménage. Ainsi après avoir levé les coordonnées géographiques des terrains concernés, nous avons découvert que ces quartiers sont dans une zone appartenant à trois grands bassins. Ainsi nous avons proposé un réseau de drainage long de 54530.6 mètres constitué de 29281 m de collecteurs principaux, 21870.25m de collecteurs secondaires et 2839.44 m de collecteurs tertiaires.

MOTS-CLEFS: Lotissement, Topographie, courbe de niveau, eaux météoriques, bassin versant, Drainage, réseau, collecteur.

1 INTRODUCTION

1.1 CONCEPT ET JUSTIFICATION

A la suite de la croissance démographique observée dans la ville de Kolwezi depuis les années 2006, de nouveaux quartiers ont été créés par des lotissements cadastraux faisant passer la superficie de la ville de 213 kilomètres carrés à 1313 kilomètres carrés (ANAT, 2013). Ainsi ont pris forme les quartiers Joli site RVA et Golf qui reposent sur le plateau de Manika et d'autres quartiers comme Musompo, Golf Tennis et KISOTE sont aussi en extension.

Il se constate malheureusement que ces lotissements ne sont pas habituellement précédés par un plan d'urbanisation, ce qui a comme conséquences, la gestion difficile des intempéries. Aussi, comme l'ont affirmé KERLOC'H Bruno et MAELSTAF Damien en 2003, le développement rapide de l'urbanisation des villes à leur périphérie entraîne une forte augmentation des surfaces imperméabilisées, ce qui accroît considérablement les volumes et les débits ruisselés entraînant ainsi une insuffisance des exutoires. On assiste ainsi à une surcharge progressive des réseaux existants et à une augmentation du risque d'inondation.

Cette situation se remarque de plus en plus dans les nouveaux lotissements de la Ville de Kolwezi qui connaissent de plus en plus des inondations et des érosions causées par des pluies.

Dans le présent article, il sera question d'étudier, de déterminer et de modéliser les réseaux d'assainissement des eaux météoriques et domestiques des quartiers Joli Site RVA et Golf, lesquels doivent aboutir à l'obtention des données caractéristiques et au dimensionnement des ouvrages composant ces réseaux.

1.2 PROBLEMATIQUE

La problématique de cette étude va s'articuler autour des questions suivantes:

- Quelle est l'étendue couverte par les lotissements de Joli site RVA et Golf, et comment se présentent leurs surfaces topographiques;
- Peut-on quantifier les eaux météoriques que peuvent recueillir ces lotissements compte tenu de leur configuration et quels en sont les ruissellements escomptés;
- Quel exutoire choisir pour l'évacuation des eaux météoriques et domestiques des lotissements Joli site RVA et Golf pour assainir leur environnement;
- Quelle orientation et quelle pente donner à ces eaux de ruissellement (météoriques et domestiques) pour faciliter leur écoulement par gravité jusqu'à l'exutoire;
- Quels type et dimensions de canalisation et collecteurs adopter pour l'évacuation de ces eaux.

1.3 HYPOTHESES

En guise d'hypothèse, nous affirmons que le drainage des eaux pluviales et domestiques revêt une importance plus particulière dans les zones urbaines, où le ruissellement naturel et l'infiltration des eaux sont reparties en raison des surfaces imperméabilisées par les routes, les maisons et les revêtements asphaltés.

Aussi que la construction des canaux pour les drainages des eaux est un facteur très complexe dans les zones où le terrain est plat en raison de l'absence de pente. Ceci nous a poussé à mieux rechercher un bassin proche de la zone d'étude pour enfin canaliser ces eaux connaissant la topographie de ladite zone.

En réponse aux questions posées dans la problématique, il convient de noter que:

- La surface topographique sera déterminée par les levés topographiques en faisant usage du DGPS et en interprétant les données par le logiciel Qgis;
- La quantité des eaux de ruissellement sera évaluée en s'appuyant sur l'étude de la pluviométrie locale et régionale et en déterminant le bassin versant sur base des levés topographiques;
- L'orientation des eaux sera interprétée en étudiant les courbes de niveaux afin d'obtenir le sens préférentiel des écoulements jusqu'à l'exutoire;
- Enfin le dimensionnement hydraulique du réseau des collecteurs sera fait sur base des théories des écoulements dont celles de CHEZY et BAZIN.

1.4 OBJECTIF

Notre article aura donc pour objectif de dimensionner le réseau hydraulique des collecteurs pour l'évacuation des eaux météoriques et domestiques des lotissements Joli site RVA et Golf de la ville de Kolwezi en république démocratique du Congo.

1.5 METHODOLOGIE ET TECHNIQUES

La méthodologie de recherche scientifique étant définie comme une étude théorique des méthodes et des actions appliquées dans le processus de recherche scientifique en vue de produire des connaissances scientifiques (NKANGU L, 2024), nous allons pour notre article utiliser les méthodes et techniques suivantes:

- Méthode quantitative

Dans cette méthode où nous allons utiliser les techniques de documentation et d'expérimentation, nous allons nous baser sur les données des levés topographiques réalisés sur les lotissements de Joli site RVA et Golf ainsi que les données de pluviométrie publiées par certains chercheurs. De ces résultats, nous allons évaluer le bassin versant, calculer les débits d'eau à évacuer et dimensionner le réseau hydraulique

- Méthode numérique

Dans cette méthode où nous allons appliquer les techniques de modélisation, nous nous appuierons sur les logiciels Qgis et Autocad afin d'interpréter les données topographiques et dimensionner les ouvrages

- Méthode qualitative

Cette méthode nous servira dans l'obtention des informations nécessaires liées à la géographie du plateau de Manika qui regorge les lotissements de Joli site RVA et Golf.

- Technique documentaire

La consultation des ouvrages ayant analysé la pluviométrie et les calculs de dimensionnement des réseaux hydrauliques et des canaux d'assainissement urbains nous servira d'un appui considérable.

- Technique d'observation

Cette technique nous permettra de palper du doigt la réalité du terrain à travers les observations directes du terrain concerné, surtout après les précipitations.

1.6 SUBDIVISION

Outre l'introduction et la conclusion, cet article comporte 3 points principaux qui sont:

- Le premier va présenter les lotissements Joli site RVA et Golf dans la ville de Kolwezi
- Le second va concerner la revue de littérature relative à l'étude topographique et au dimensionnement hydraulique des collecteurs
- Le troisième point va se focaliser sur l'étude topographique et dimensionnement des collecteurs.

2 PRESENTATION DU LIEU D'ETUDE

2.1 CADRE GEOGRAPHIQUE

2.1.1 LOCALISATION DE LA VILLE DE KOLWEZI

La ville de Kolwezi est située sur la route nationale 39 à 2070 km au sud-est de la capitale Kinshasa, à environ 10°48'30"Sud et 25°34'30"E, dans la province du Lualaba en république démocratique du Congo. C'est une ville bâtie dans une région de moyens plateaux (Manika) soit 1200 à 1400 m d'altitude, à 341 Km au Nord-ouest de Lubumbashi, à 426 Km de Dilolo, à la frontière angolaise (Congo-autrement, 2018). La figure 1. Ci-dessous illustre la carte de la ville de Kolwezi.

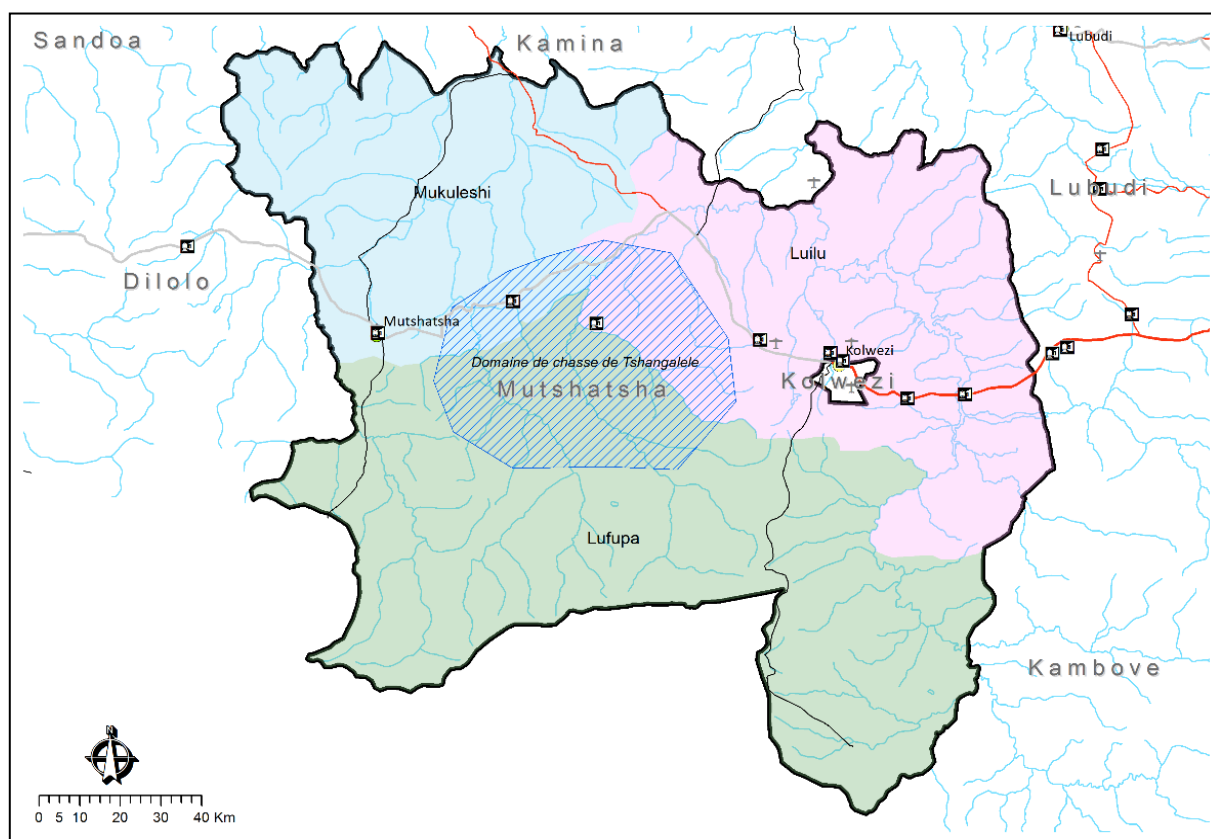


Fig. 1. Carte de location de la ville de Kolwezi (Source: Internet (Caid.Cd))

2.1.2 LOCALISATION DES LOTISSEMENTS JOLI SITE RVA ET GOLF

Les lotissements Joli Site RVA et Golf concernés par notre étude sont délimités dans la partie est-Sud-est par la route nationale numéro 39 et l'échangeur de Kolwezi jusqu'à l'aéroport national de Kolwezi, tandis que la ligne Sud-Ouest et Nord-Ouest est délimitée respectivement par la concession ISTM-Kolwezi et le domaine marial et la ligne Nord fait face à quelques centaines de mètres de l'avenue 3Z selon les coordonnées géographiques représentant la carte de la figure 2 ci-dessous:

Tableau 1. Coordonnées géographiques des lotissements Joli Site RVA et Golf (Google Earth Pro)

POINTS	LONGITUDE E			LATITUDE S			Référence
	D	M	S	D	M	S	
A	25	31	15	10	45	28	Echangeur de Kolwezi
B	25	30	48	10	45	46	
C	25	29	42	10	45	31	
D	25	28	49	10	45	16	ISTM
E	25	28	31	10	44	20	Domaine Marial
F	25	29	6	10	44	5	
G	25	29	51	10	44	42	
H	25	30	47	10	44	47	Av 3Z Jonction RN 39



Fig. 2. Carte des lotissements joli site RVA et Golf. (Google Earth Pro, Avril 2025)

2.2 RELIEF ET CLIMAT DU MILIEU

2.2.1 RELIEF

La ville de Kolwezi se situe dans la tête extrême du plateau Bianco, affluent du Potopote (DE DAPPER 1979). Cette tête extrême située à une altitude d'environ 1475 m forme une macro-dépression fermée de forme ovale. Elle a une longueur de 1800 m et une largeur de 360 à 540 m. Les versants de la dépression ont une pente concave, très faible de 0,5 à 1, tandis que le centre forme un fond plat à pente quasi nulle.

Des levés de terrain détaillés montrent que dans toute la macro-dépression se trouve une cuirasse latéritique à faible profondeur (DE DAPPER 1978, 1979). Celle-ci affleure par endroits sur les rebords, ailleurs elle est recouverte d'une mince couche de quelques centimètres d'épaisseur, comme le plateau des Bianco et le plateau des Kundelungu.

Le plateau de la Manika qui regorge les lotissements Joli Site RVA et Golf, se situe à une altitude moyenne de 1475 m, et appartient aux hauts-plateaux du Shaba qui constituent le prolongement S.E. du horst occidental bordant le graben des Grands Lacs. Le sol de Kolwezi est à majorité sablonneux.

2.2.2 CLIMAT

Le climat de Kolwezi est de type chaud et sec (Bwh) d'après la classification de Koppen Geiger. Pour une année, les températures restent relativement constantes tout au long de l'année, avec des températures moyennes variant entre 23°C en octobre et 18°C en juin. Les extrêmes de température vont d'une moyenne minimale de 11°C en juin à une moyenne maximale de 30°C en octobre. La saison à fortes précipitations dure cinq mois et commence souvent de fin octobre et va jusqu'au mois d'avril. La saison sèche commence au mois d'avril jusqu'en octobre. Le tableau 2 ci-dessous publié par Congo autrement (2018) a été mis à jour par nous sur base des précipitations prélevées de septembre 2023 à avril 2025. (KAYEYE M Jp, 2025)

Tableau 2. Tableau Climatique de la ville de Kolwezi (Congo-autrement, 2018 et KAYEYE JP, 2025)

	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Températures moyennes (°C)	20.6	20.6	20.8	20.7	19.3	17.4	17.5	19.8	21.7	22.5	21.3	20.7
Températures minimales moyennes (°C)	15.8	15.8	15.7	14.7	11.8	9.4	9.3	11.5	13.6	15.2	15.7	15.8
Températures maximales (°C)	25.4	25.4	26	26.7	26.8	25.4	28.1	28.1	29.9	29.8	27	25.6
Précipitations (mm)	188	120	196	95	5	0	0	0	38	91	141	181

3 REVUE DE LITTÉRATURE

Comme soutenu par Jean Baptiste Henry en 2012 et renchéri par Jean Paul Kayeye en 2017, la topographie permet d'étudier la configuration de la terre en donnant les détails de surface. Ainsi, la détermination des coordonnées géographiques avec les différentes altitudes permet de visualiser les pentes de terrain et ainsi définir les bassins versants.

En effet, la pente moyenne est une caractéristique importante qui renseigne sur la topographie du bassin. Elle est considérée comme une variable indépendante et donne une bonne indication sur le temps de parcours du ruissellement direct, donc sur le temps de concentration t_c et influence directement le débit de pointe lors d'une averse.

La méthode proposée par Carlier et Leclerc (1964) consiste à calculer la moyenne pondérée des pentes de toutes les surfaces élémentaires comprises entre deux altitudes données. Ainsi la valeur approchée de la pente moyenne est donnée par la formule ci-dessous:

$$i_m = \frac{D \cdot L}{A}$$

Avec:

i_m : pente moyenne [m/km ou 0/00],

L: longueur totale de courbes de niveau [km],

D: équidistance entre deux courbes de niveau [m],

A: surface du bassin versant [km²].

Ainsi se référant à ED GAUTHIER dans son ouvrage de 1963 intitulé hydrologie de surface, on comprend que le bassin versant est la surface qui recueille les eaux de précipitation, et notamment celles de ruissellement et d'infiltration qui pénètrent à travers les surfaces poreuses.

Par la suite, SATIN et SEMI en 1999 appuyés par C YUMI en 2008 ont défini les paramètres hydrauliques d'un bassin versant. Ils ont mis sur pied les normes des valeurs de coefficients de ruissellement pour les zones résidentielles en fonction du type d'occupation du sol. Ainsi, MARA L en 2004, WETHE J en 2007 et D. OUEDRAOGO en 2014 ont exploité cette théorie pour dimensionner les réseaux des collecteurs.

Ces travaux s'appuient sur les recherches de KERLOC'H et MAERLSTAF de 2003 qui ont défini les réseaux maillés et ramifiés pour l'évacuation des eaux à travers le réseau des collecteurs qu'ils ont classifié en 6 dont le réseau perpendiculaire, latéral, transversal, zone étagée et radial.

Enfin, en référence à l'instruction technique de 1977 qui a évoqué les méthodes superficielles de Caquot, les ouvrages sont calculés suivant une formule d'écoulement résultant de celle de CHEZY comme suit:

$$V = C\sqrt{R \cdot I}$$

Avec:

V: Vitesse d'écoulement en m/s

R: Rayon hydraulique donné par la formule: $R = \frac{S}{P}$

Où: S représente la section mouillée en m², P est le périmètre mouillé en m, I la Pente de l'ouvrage en (m/m) et C le Coefficient donné par la formule de BAZIN donné par la formule: $C = \frac{87}{1 + \sqrt{R}}$ et dont Y est le coefficient d'écoulement qui varie suivant les matériaux utilisés et la nature des eaux transportées.

4 ETUDE TOPOGRAPHIQUE ET DIMENSIONNEMENT DES COLLECTEURS

4.1 PRESENTATION DES DONNEES DES LEVES.

Les tableaux 3 et 4 ci-dessous donnent les points d'intersection entre les côtés respectivement des quartier Joli-Site et Golf que nous avons eu à prélever sur terrain.

Tableau 3. *Prélèvement des points d'intersection entre les côtés du quartier joli-site*

ID	Y	X	Z	ID	Y	X	Z	ID	Y	X	Z
1	8810597	335975.6	1515	70	8811785.9	335921.7	1490	139	8811193	337655.2	1525
2	8810780	335861.9	1510	71	8811729.3	335971.4	1494	140	8811136	337692.6	1524
3	8810831	335948.7	1508	72	8811675.6	336023.8	1494	141	8811084	337727.3	1524
4	8810658	336057.9	1515	73	8811615.7	336059.7	1499	142	8811030	337766.2	1526
5	8810489	336151.3	1518	74	8811551.2	336085.8	1503	143	8810967	337800.7	1527
6	8810532	336221.5	1517	75	8811471.4	336091.8	1505	144	8810916	337830.7	1528
7	8810881	336030.2	1512	76	8811528.9	336054.2	1503	145	8810847	337874.3	1527
8	8810928	336108.6	1513	77	8811586.7	336009.3	1500	146	8810740	337945.9	1525
9	8810763	336216.6	1516	78	8811543.3	335978.1	1499	147	8810690	337980	1524
10	8810584	336323.9	1517	79	8811704.3	335936.9	1498	148	8810573	338047.4	1523
11	8810637	336405.9	1518	80	8811753.4	335888.7	1492	149	8810401	338150.2	1520
12	8810807	336302.9	1516	81	8811799.8	335828.2	1491	150	8811301	337456	1524
13	8810980	336195.4	1514	82	8811780.6	335803.5	1491	151	8811139	337562.5	1522
14	8811031	336279.5	1514	83	8811731.9	335854.5	1495	152	8810973	337675.2	1526
15	8810861	336380.3	1516	84	8811678.2	335896.7	1499	153	8810791	337792.4	1525
16	8810690	336486.5	1518	85	8811623	335949.6	1500	154	8810635	337897.5	1524
17	8810745	336577.3	1519	86	8811564.5	335979.8	1501	155	8810479	337997.9	1521
18	8810903	336461.4	1517	87	8810825.8	336728.7	1521	156	8810349	338090.9	1520
19	8811075	336337.7	1513	88	8810666	336825.1	1523	157	8811258	337388.2	1523
20	8811131	336438.1	1513	89	8810505.9	336929.7	1521	158	8811080	337493	1522
21	8810959	336541.8	1517	90	8810330.2	337043.6	1519	159	8810575	337822.9	1524
22	8810786	336648.7	1519	91	8810100.4	337174	1519	160	8810412	337915.6	1521
23	8810955	336547	1517	92	8810784.2	336643	1521	161	8810293	337985	1520
24	8811123	336435.3	1513	93	8810610.2	336751.3	1522	162	8811205	337302.7	1521
25	8811180	336519.5	1514	94	8810279.6	336962.2	1519	163	8811034	337415	1522
26	8811014	336620.7	1517	95	8810059.1	337106.4	1519	164	8810858	337520.1	1524
27	8810844	336728	1519	96	8810738	336562.6	1520	165	8810703	337617.7	1527
28	8810002	336622.6	1518	97	8810571.5	336675.9	1521	166	8810516	337745	1524
29	8811173	336522.1	1515	98	8810391.8	336778	1520	167	8810361	337845.1	1520
30	8811233	336595.5	1513	99	8810224.3	336879.9	1518	168	8810242	337918	1519
31	8811065	336693.2	1517	100	8810680	336488.2	1520	169	8811152	337218.7	1520
32	8810900	336807.7	1520	101	8810516.1	336587.7	1521	170	8810987	337331	1522
33	8811107	336797.2	1517	102	8810329.2	336696.8	1520	171	8810812	337426.4	1524
34	8811275	336679.1	1513	103	8810187.2	336797.6	1518	172	8810644	337532.6	1527
35	8811331	336765.4	1516	104	8810644.5	336396.6	1520	173	8810451	337659.8	1523
36	8811721	336870.9	1516	105	8810466.4	336508	1519	174	8810297	337756.3	1520
37	8810999	336946.2	1520	106	8810412.8	336416.5	1518	175	8810182	337818.1	1519
38	8811114	337009.5	1519	107	8810434.6	336760.6	1519	176	8811100	337136.1	1520

39	8811219	336930.2	1517	108	8811506.2	336016.9	1503	177	8810935	337247.2	1522
40	8811381	336831.8	1516	109	8811453.9	336060.8	1504	178	8810076	337352.1	1526
41	8811437	336915.6	1518	110	8811437.2	336032.9	1502	179	8810591	337457.3	1525
42	8811271	337028.9	1519	111	8811485.5	335987.9	1502	180	8810396	337577.8	1522
43	8811143	337103.5	1519	112	8811546.3	335952.7	1501	181	8810236	337664.3	1520
44	8811190	337197.4	1520	113	8811601.9	335911.3	1500	182	8810125	337749.8	1518
45	8811325	337115.8	1520	114	8811661.1	335862.6	1499	183	8811049	337047.6	1520
46	8811477	336998.3	1516	115	8811708.8	335822.9	1498	184	8810879	337164.4	1524
47	8811532	337086.7	1515	116	8811762	335779.8	1491	185	8810710	337269.6	1527
48	8811374	337194.3	1521	117	8811744	335749.6	1492	186	8810545	337379.6	1525
49	8811525	337079.3	1516	118	8811687.8	335784.3	1497	187	8810342	337503.2	1522
50	8811572	337172.1	1515	119	8811656.3	335832.6	1498	188	8810185	337583.2	1519
51	8811421	337267.7	1521	120	8811577.2	335876.4	1500	189	8810074	337656.3	1518
52	8811315	337352.1	1523	121	8811422.2	337664.6	1523	190	8811001	336964.8	1520
53	8811349	337432.7	1523	122	8811305.6	337741.1	1526	191	8810829	337084.7	1523
54	8811471	337349.1	1521	123	8811263.7	337769.3	1526	192	8810656	337180.6	1525
55	8811615	337278.1	1513	124	8811182	337818.6	1527	193	8810496	337295.3	1523
56	8811629	337383.1	1514	125	8811104	337873.4	1528	194	8810284	337420.8	1521
57	8811515	337437.8	1521	126	8811038.2	337922.1	1529	195	8810137	337820.5	1519
58	8811405	337514.2	1523	127	8810993.9	337951.9	1529	196	8810034	337598.7	1521
59	8811549	336836.2	1509	128	8810936	337979.4	1529	197	8810942	336881	1522
60	8811525	336742.7	1510	129	8810871.1	338023.8	1528	198	8810778	336993.7	1523
61	8811427	336814.2	1516	130	8810816.8	338057.2	1527	199	8810605	337104.2	1523
62	8811363	336730	1515	131	8810780.9	338100.4	1526	200	8810444	337217.7	1520
63	8811482	336643.5	1510	132	8810695.6	338138.4	1525	201	8810228	337345.8	1520
64	8811447	336571.6	1511	133	8810653	338165.8	1524	202	8810035	337460.7	1520
65	8811335	336643	1514	134	8810605	338202.8	1523	203	8810888	336818.5	1521
66	8811264	336570.7	1512	135	8810551.7	338235.4	1522	204	8810729	336924.6	1523
67	8811399	336484.7	1511	136	8810478.8	338269.2	1521	205	8810563	337023.1	1522
68	8811556	336372.5	1493	137	8811310.2	337571.5	1525	206	8810391	337136.4	1519
69	8811819	336851.9	1490	138	8811262.1	337608.1	1526	207	8810173	337273.3	1519
								208	8810017	337363.5	1519

Tableau 4. Prélèvement des points d'intersection entre les côtés du quartier golf

ID	X	Y	Z	ID	X	Y	Z	ID	X	Y	Z
1	334210.5	8810862	1535	60	334157.6	8809136	1533	119	334485	8810168	1532
2	334216.2	8810785	1534	61	334576	8809174	1531	120	334451	8810098	1532
3	334209.8	8810701	1530	62	334576	8809676	1531	121	334435.9	8810034	1531
4	334191.9	8810594	1534	63	333801.1	8809607	1535	122	334426.9	8810088	1531
5	334182.4	8810579	1534	64	334048	8809584	1534	123	334602.8	8810241	1533
6	334173.4	8810510	1534	65	334246.9	8809554	1534	124	334556.2	8810157	1531
7	334143.1	8810397	1535	66	334415.9	8809529	1533	125	334524.5	8810095	1531
8	334345.3	8810843	1534	67	334578.4	8809513	1532	126	334502.9	8810045	1531
9	334305.2	8810773	1534	68	333758.6	8809468	1534	127	334477	8809965	1531
10	334267.8	8810700	1534	69	333973.4	8809429	1534	128	334463.7	8809891	1531
11	334251.6	8810668	1534	70	334155.1	8809401	1534	129	334455.1	8809822	1531
12	334222	8810609	1534	71	334373.6	8809372	1533	130	334451.1	8809759	1532
13	334214.3	8810586	1534	72	334517.2	8809356	1532	131	334424.2	8809660	1533
14	334415.3	8810608	1534	73	334617.4	8809369	1531	132	334385.5	8809475	1533
15	334370.4	8810506	1534	74	334342.8	8809995	1532	133	334371.2	8809362	1533

16	334303.6	8810406	1534	75	334495.7	8809978	1531	134	334222.3	8810102	1533
17	334249.3	8810789	1534	76	334665.4	8809940	1529	135	334213.6	8810033	1532
18	334200.3	8810706	1534	77	334473.4	8809936	1531	136	334419.5	8810502	1534
19	334487.3	8810706	1534	78	334536.9	8809923	1530	137	334459.9	8810578	1533
20	334449.9	8810601	1533	79	334613.2	8809913	1530	138	334522.3	8810549	1534
21	334386	8810516	1534	80	334667	8809906	1529	139	334483.1	8810458	1534
22	334340.3	8810393	1534	81	334334.2	8809923	1532	140	334439.6	8810382	1533
23	334282.8	8810384	1534	82	334399.6	8809915	1532	141	334588.7	8810507	1533
24	334120.4	8810312	1534	83	334483.6	8809897	1531	142	334543.7	8810419	1533
25	334127.3	8810198	1534	84	334561.2	8809889	1530	143	334506.8	8810354	1533
26	334132.5	8810118	1533	85	334656.8	8809883	1529	144	334668.1	8810511	1533
27	334137.7	8810377	1533	86	334316.5	8809864	1532	145	334631.7	8810440	1533
28	334199.5	8810244	1534	87	334373.2	8809848	1532	146	334597.6	8810378	1533
29	334204.9	8810116	1533	88	334461.8	8809834	1531	147	334568.6	8810325	1533
30	334208.3	8810385	1532	89	334547.8	8809829	1531	148	334734.7	8810477	1532
31	333983.1	8810267	1534	90	334642.2	8809837	1530	149	334707	8810428	1533
32	333984.6	8810141	1534	91	334317.8	8809837	1532	150	334666.3	8810355	1532
33	333991.3	8810391	1533	92	334395.6	8809841	1532	151	334643.4	8810312	1532
34	334051.8	8810236	1534	93	334482.9	8809828	1531	152	334797.4	8810447	1532
35	334061.5	8810127	1533	94	334578.3	8809824	1531	153	334753.7	8810378	1532
36	334061.2	8810127	1533	95	334631.5	8809828	1530	154	334708.9	8810282	1532
37	333901.9	8810127	1533	96	334308.6	8809798	1532	155	334674.7	8810216	1532
38	334076.2	8810118	1533	97	334401.5	8809769	1532	156	334638.7	8810157	1531
39	334218.1	8810104	1533	98	334494.1	8809761	1532	157	334602.3	8810087	1531
40	334366.9	8810078	1532	99	334614.8	8809753	1531	158	334568	8810022	1530
41	333902.2	8810068	1533	100	334233	8810111	1533	159	334550.3	8809973	1530
42	334061	8810040	1533	101	334266.7	8810187	1533	160	334506.9	8810662	1533
43	334217.5	8810024	1532	102	334293.8	8810255	1533	161	334555.2	8810762	1534
44	334347.7	8810008	1532	103	334323.4	8810313	1534	162	334562.6	8810614	1533
45	333883	8809993	1533	104	334373.2	8810409	1534	163	334596.1	8810671	1533
46	334017.5	8809978	1533	105	334434.3	8810375	1533	164	334627.6	8810728	1533
47	334177.1	8809953	1533	106	334497.3	8810337	1533	165	334614.2	8810558	1533
48	334325.7	8809927	1532	107	334555.8	8810312	1533	166	334632.4	8810595	1533
49	333882.6	8809931	1534	108	334631.5	8810311	1532	167	334661.9	8810646	1533
50	334045.9	8809898	1534	109	334402	8810312	1534	168	334691.4	8810699	1533
51	334239.3	8809873	1533	110	335080.9	8810312	1534	169	334684.6	8810699	1533
52	334451.7	8809833	1531	111	335061.1	8810144	1532	170	334702.4	8810538	1533
53	333853.5	8809855	1534	112	334317.8	8810144	1532	171	334731.2	8810576	1533
54	334012.9	8809829	1534	113	334293.5	8810094	1532	172	334744.7	8810627	1533
55	334236.6	8809799	1533	114	334461.6	8810264	1533	173	334754.6	8810651	1533
56	334433.7	8809771	1532	115	334413.4	8810185	1532	174	334748.1	8810677	1532
57	333835.7	8809781	1534	116	334385	8810119	1532	175	334770.2	8810510	1532
58	334013.5	8809752	1535	117	334366.6	8810062	1531	176	334801	8810596	1533
59	334157.6	8809730	1533	118	334528.9	8810247	1533	177	334815.9	8810371	1533

4.2 INTERPRETATION DES DONNEES LEVEES.

Les données prélevées sur terrain ont été interprétées par le logiciel Qgis dont les résultats sont représentés sous forme des courbes de niveaux par les figures 3 et 4 ci-dessous:

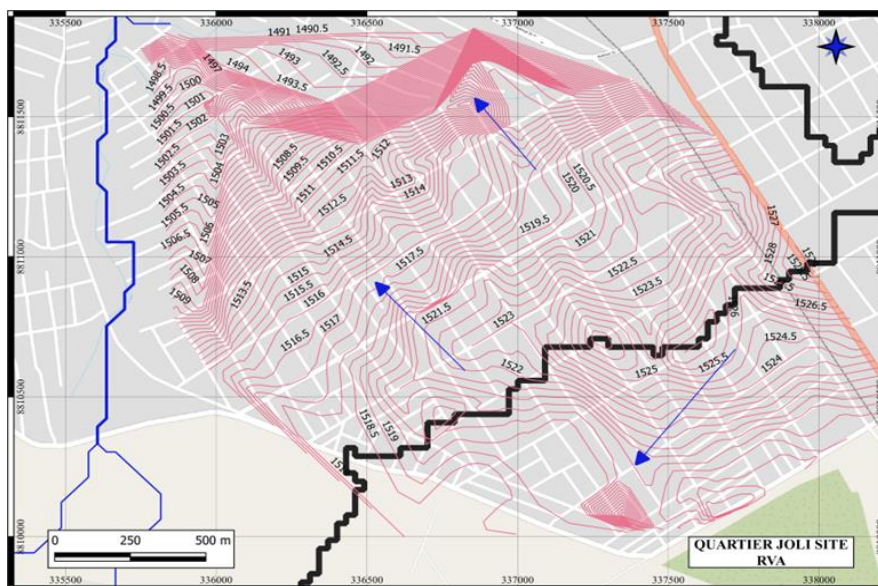


Fig. 3. Courbes de niveaux du Quartier Joli-Site

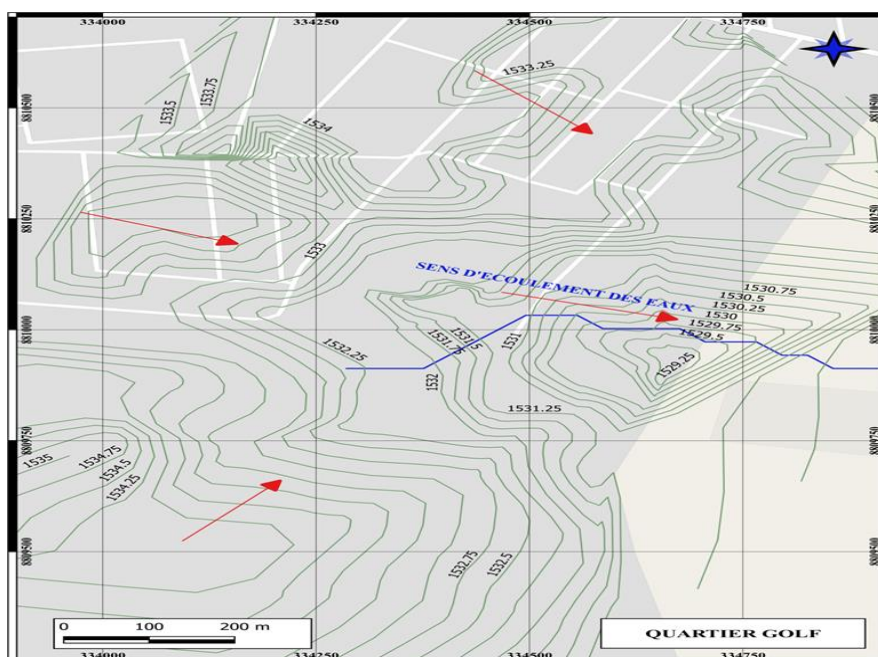


Fig. 4. Courbes de niveaux du Quartier Golf-ISTM

Les visites de terrains et l'examen des courbes de niveau nous ont permis de déceler le sens d'écoulement préférentiels des eaux de ruissèlement sur le site. L'analyse de ces courbes de niveaux a montré que le terrain est relativement plat et comporte deux pentes: Une orientée vers le Nord-Ouest et l'autre vers le Sud-Est soit successivement vers les rivières Kabongo et Busange pour le cas du Quartier Joli-Site et orientée Nord-Est soit vers la rivière Kabongo pour le quartier Golf.

L'altitude du point le plus haut est de 1525 m et celles des points les plus bas sont respectivement de 1420m pour le bassin versant 2 et 1491 m pour le bassin versant 1 pour le cas du Quartier Joli-Site et 1535m le plus haut et 1531.25m le plus bas pour le bassin versant du quartier Golf.

4.3 REGROUPEMENT DES COURBES ET INTERPRETATION D'ENSEMBLE

D'après les Cartes des figures 3 et 4 ci-dessus, les sens d'écoulement sont soit de façon perpendiculaire aux courbes de niveaux, soit se concentrent vers les faibles altitudes. Mais compte tenu des plans parcellaires et des lotissements existants, les caniveaux d'évacuation

des eaux de pluie vont contourner certains îlots du lotissement ou suivre de près les grandes voies. Ainsi nous présentons à la figure 5 ci-dessous le sens préférentiel des écoulements des eaux pour le drainage d'ensemble des deux lotissements.

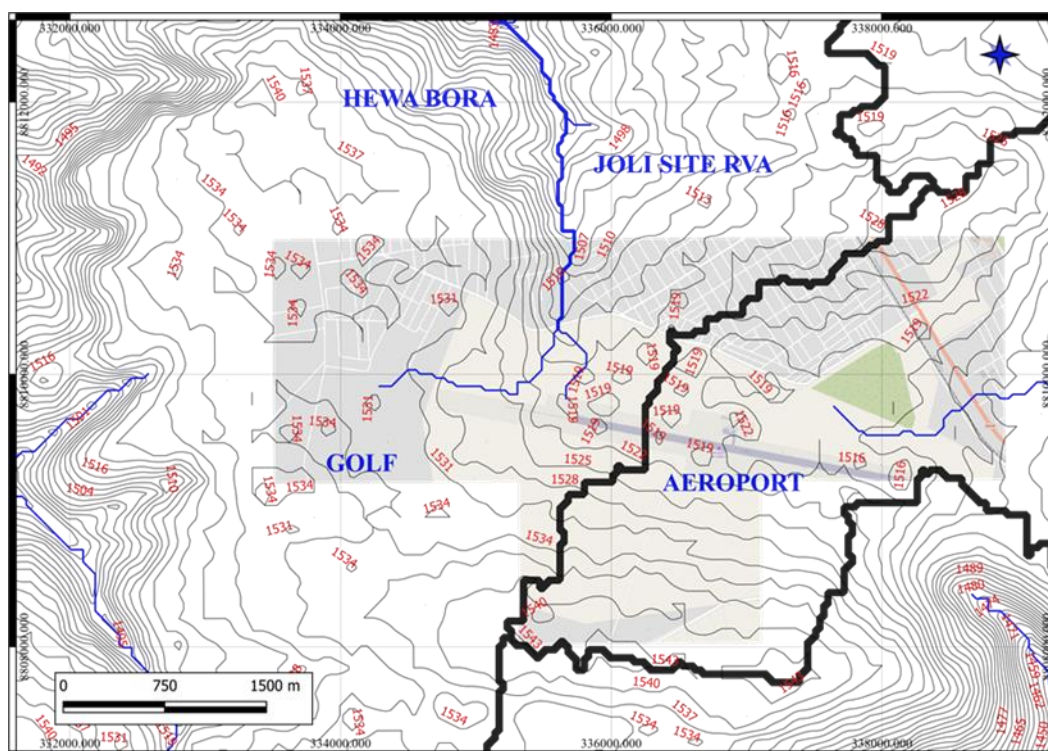


Fig. 5. Carte d'ensemble de courbes de niveaux des Quartiers Joli-Site et Golf-ISTM

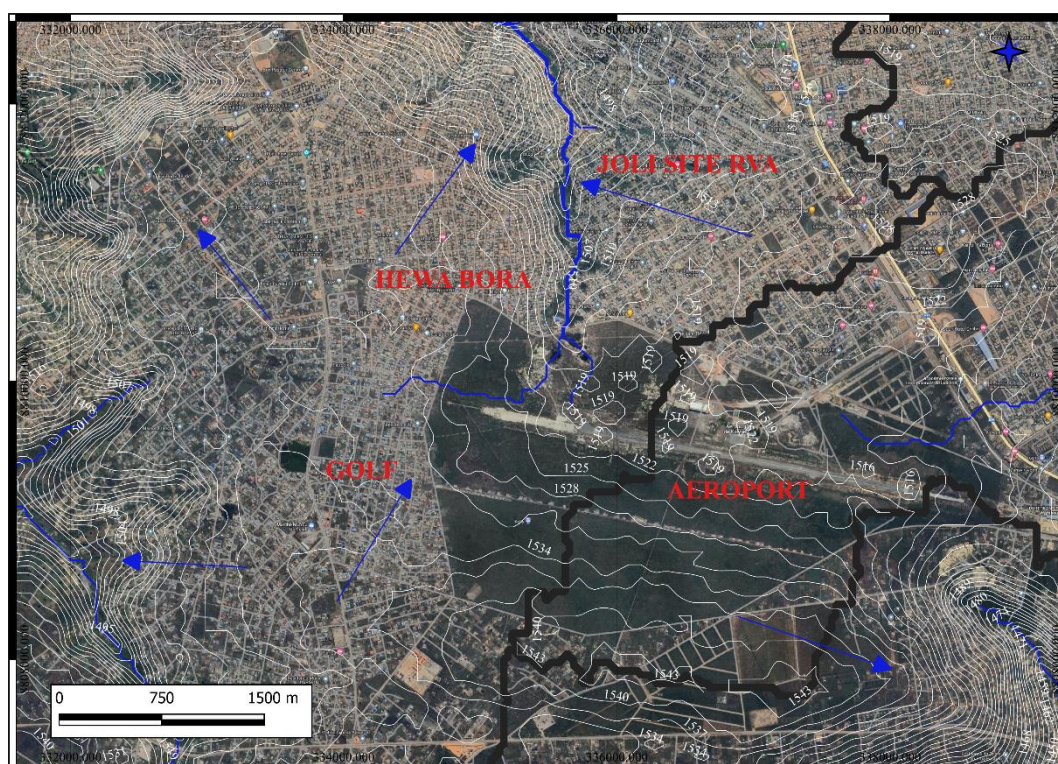


Fig. 6. Carte hybride de courbes de niveaux des Quartiers Joli-Site et Golf-ISTM

4.4 DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE DES COLLECTEURS

4.4.1 INTRODUCTION

Avant de dimensionner les collecteurs, nous allons déterminer les bassins versants qui couvrent nos sites d'étude et déterminer, sur base des études pluviométriques réalisées au point 2, les différents débits d'écoulement des eaux météoriques pour ainsi faire le choix et le dimensionnement des collecteurs. Il existe en effet plusieurs formules pour la détermination des débits des tronçons telles que la formule de Manning-Strickler, la formule de Chézy, la formule de Basin. Dans notre cas nous aurons à utiliser la formule de Chézy.

Connaissant en chaque point, les débits à évacuer et la pente des ouvrages, le choix des sections sera déduit de la formule d'écoulement adoptée. Les dimensions des canalisations varient compte tenu des diamètres courants de fabrication, ce qui apporte de ce fait, une capacité supplémentaire d'écoulement.

4.4.2 CHOIX DU PROFIL

En tenant compte de la facilité de mise en œuvre et d'entretien et des sections couramment utilisées dans la ville de Kolwezi, nous avons choisis de mettre en place des ouvrages de sections rectangulaires.

4.4.3 CALCUL DES DEBITS ET DIMENSIONNEMENT DES COLLECTEURS

4.4.3.1 DELIMITATION DES BASSINS VERSANTS ET CALCUL DE LEURS CARACTERISTIQUES

Comme mentionné, la délimitation du site d'étude en deux grands bassins versants pour le quartier Joli-Site et un grand bassin pour le quartier Golf est représentée dans la figure ci-dessous:

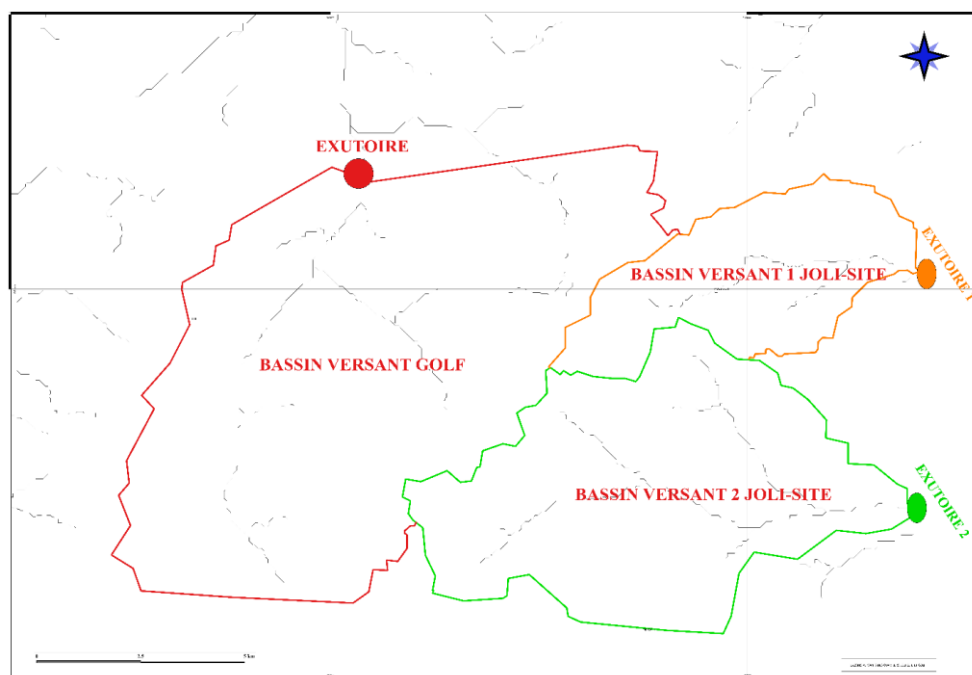


Fig. 7. Détermination des bassins versants des Quartiers Joli-Site et Golf-ISTM avec Qgis

Les caractéristiques de ces trois grands bassins ont été déterminées à l'aide du logiciel Qgis et présentées dans le tableau 5 ci-dessous.

Tableau 5. Détermination des dimensions des bassins versants et du réseau hydraulique

BASSINS VERSANTS	Superficie en hectare	Périmètre en mètre	Longueur de chemin hydraulique(L) en m	Pente(I) (m/m)
BV1_Joli-site	2384.2890	24344.511	8915.596	0,0081
BV2_Joli-site	5301.3734	36312.499	21773.948	0,0051
BV1_Golf	9150.4708	44483.004	21820.916	0.0085

Après identification de ces des grands bassins, nous avons procédé au repérage des points hauts et bas, des lignes d'écoulement et de partage des eaux, comme représenté par la figure 8 ci-après:

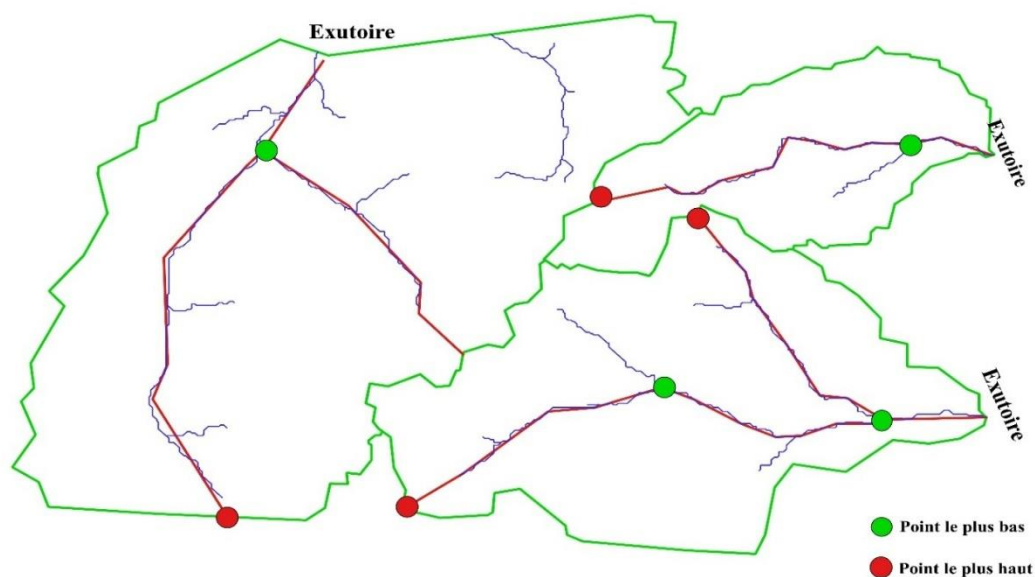


Fig. 8. Tracé des lignes d'écoulement et de partage des eaux (Qgis)

4.4.3.2 DELIMITATION DES SOUS BASSINS VERSANTS ET CALCUL DE LEURS CARACTERISTIQUES

Les deux grands bassins versants ont été subdivisés en dix sous bassins comme indiqué dans la figure 9 ci-dessous:

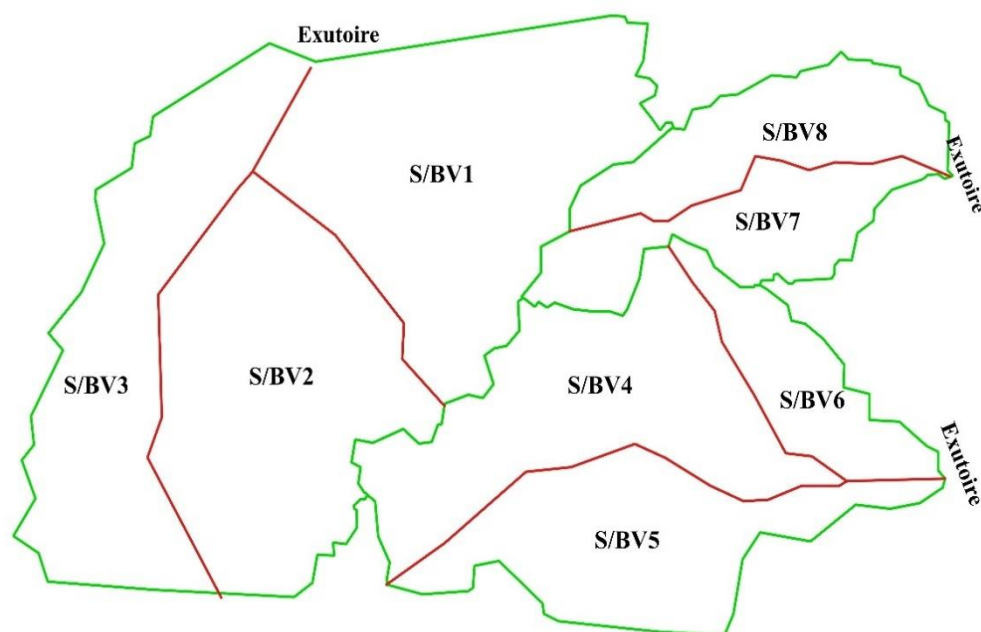


Fig. 9. Représentation des sous bassins (Qgis)

Les caractéristiques de ces sous bassins ont été déterminé à l'aide du logiciel Qgis et mentionnées dans le tableau 6 ci-dessous:

Tableau 6. Caractéristiques des sous bassins

S/BV	SURFACE en hectare	Longueur de chemin hydraulique(L) en m	I(m/m)
S/BV1	3482.4558	7882.733	0.012
S/BV2	3105.4636	2630.874	0.012
S/BV3	2574.4456	1881.045	0.012
S/BV4	2514.0757	4258.702	0.004
S/BV5	1926.6804	1107.559	0.004
S/BV6	882.4691	1071.255	0.004
S/BV7	1152.7035	1768.437	0.004
S/BV8	1231.5053	414.38	0.004

Les résultats ci-dessus nous permettent de constater que les superficies totales des différentes unités hydrologiques ainsi déterminées varient de 882.4691 à 3482.4558 hectares; Les longueurs hydrauliques de 414.38 à 7882.733 m, et les pentes faibles de 0,004 à 0,012.

4.4.3.3 DETERMINATION DES COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENT DE CHAQUE SOUS BASSINS

Le tableau 7 ci-dessous présente les résultats de calcul des coefficients de ruissellement de chaque sous bassin. Ceux-ci ont été calculés par la formule ci-après:

$Cr = \text{Volume d'eau de ruissellement récupéré} / \text{Volume total d'eau versé dans le sous bassin}$

NB: Les précipitations moyennes à Kolwezi étant de 3.4mm

Tableau 7. Coefficient de ruissellement des différents sous bassins

S/BV	S/BV1	S/BV2	S/BV3	S/BV4	S/BV5	S/BV6	S/BV7	S/BV8
Coeff. Ruissellement	0.4	0.39	0.42	0.4	0.36	0.36	0.37	0.4

On constate que ces coefficients varient de 0,36 à 0,42 selon la structure de chaque sous bassins. Ces valeurs donc dans les normes comprises des valeurs recommandées par Satin, M et B Selmi pour les zones résidentielles qui varient entre 0,30 et 0,50 [Satin et Selmi, 1999 p. 103]

4.4.3.4 DEBIT À L'EXUTOIRE DE CHAQUE SOUS BASSINS VERSANT

Le tableau 8 ci-dessous présente les différents débits obtenus à l'exutoire de chaque sous bassins.

Tableau 8. Récapitulatif des débits des sous bassins versants

S/BV	Surface (ha)	Coeff de Ruissellement	Longueur de chemin hydraulique(L) en m	Tc (min)	I(mm/h)	Q(m ³ /s)
S/BV1	3482.5	0.40	7882.7	49.3	0.012	4.57
S/BV2	3105.5	0.39	2630.9	46.6	0.012	4.28
S/BV3	2574.4	0.42	1881.1	42.4	0.012	3.84
S/BV4	2514.1	0.40	4258.7	24.2	0.004	2.39
S/BV5	1926.7	0.36	1107.6	21.2	0.004	2.05
S/BV6	882.5	0.36	1071.3	14.3	0.004	1.30
S/BV7	1152.7	0.37	1768.4	16.4	0.004	1.52
S/BV8	1231.5	0.40	414.4	16.9	0.004	1.58

Les débits obtenus des différents sous bassins varient de 1.58 à 4.57 m³/s. L'importance des débits des sous bassins versants notamment les sous bassins versants N°1; N°2; et N°3 est liée à la grandeur de leur superficie.

4.4.3.5 TRACE DU RESEAU DE COLLECTEURS

La canalisation est composée des tronçons bordés chacun par un nœud en aval. Toutes les canalisations composant les réseaux doivent converger vers un unique point d'exutoire; le calcul s'effectue canalisation par canalisation après le paramétrage des canalisations de dimensionnement (hauteur de recouvrement, profondeur minimum et maximum, pente min et max, etc.).

Le tracé du réseau d'un réseau d'assainissement se fait selon les critères suivants:

- Suivre autant que possible le plan de la voirie
- Distance max entre 2 regards de visite: 70 m
- Regard de visite aux changements de pente et de direction
- Couverture minimale des canalisations: 80 cm
- Suivre si possible la pente naturelle qui est de plus ou moins 8mm/m
- Du diamètre minimal pour le réseau pluvial
- Diamètres croissants d'amont en aval
- Les délimitations des sous-bassins versants drainés par chaque tronçon.

Tableau 9. Caractéristiques des collecteurs

Types de collecteurs	Numéro des collecteurs	Longueur(m)
Collecteurs principales	N4	12780
	N14	9681
	N11	7359.9
Collecteurs secondaires	N1N4	1312.568
	N3N4	1480.813
	N7N4	4722.975
	N2N4	1447.811
	N5N4	1228.988
	N10N11	1980.744
	N12N14	5191.711
	N15N14	4504.644
Collecteurs tertiaires	N8N7	1450.209
	N1312	1389.231

Le réseau est ainsi constitué de dix (10) collecteurs secondaires et de trois (3) collecteurs primaires présentés dans la figure 10 ci-dessous et dont les longueurs des tronçons sont présentées dans le tableau 10. Ainsi la longueur totale du réseau collecteur est de 54530,6 mètres.

Tableau 10. Longueurs DES TRONÇONS des collecteurs

Tronçons	N1-N4	N3-N4	N8-N7	N7-N4	N4-N2	N5-N4
Longueur (m)	1312.6	1480.8	1450.2	4723.0	1447.8	1229.0
Tronçons	N10-N11	N11	N13-N12	N14-N12	N15-N14	N14
Longueur (m)	1980.7	7359.9	1389.2	5191.7	4504.6	9681.0

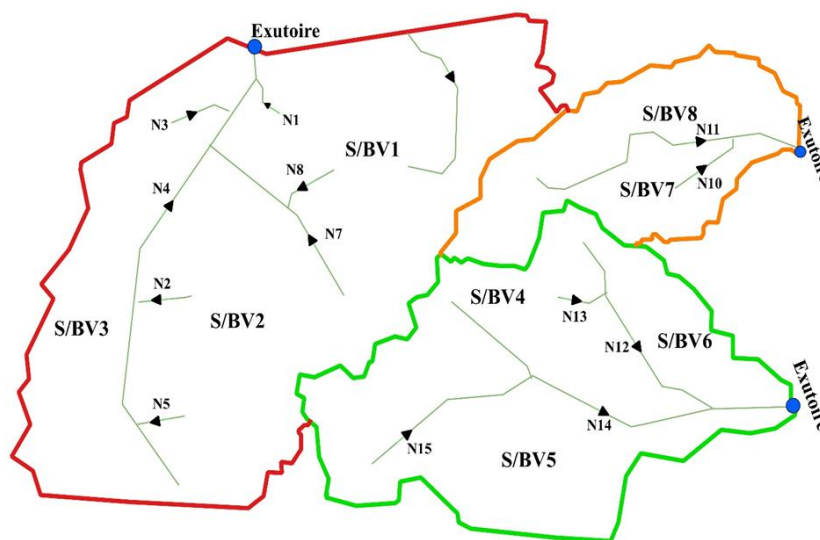


Fig. 10. Les différents tronçons du réseaux collecteur (Qgis)

4.5 REVETEMENT DU CANAL

Conformément aux termes de référence de l'étude, plusieurs types de revêtements ont été proposés pour le canal, à savoir:

- Le revêtement en béton pour l'ensemble de la section;
- Le revêtement en maçonnerie de moellons pour le radier et les parois;
- La protection des berges seulement en gabions;
- La protection de l'ensemble de la section par les gabions type Reno

La solution retenue est le canal en béton légèrement armé avec de l'acier à haute adhérence de 6mm d'épaisseur, suivant une maille carrée de 20 cm de côté ou avec un treillis soudé de même maillage. Le revêtement a une épaisseur de 12cm et concerne aussi le radier que les parois latérales.

La forme du canal est rectangulaire parce qu'elle s'approche le mieux de la section à débit maximum. Le radier comporte une double pente transversale de 2% afin de favoriser l'auto-curage et permettre aussi aux eaux usées de se concentrer au centre de radier; ce qui facilitera leur écoulement en saison sèche.

5 CONCLUSION

Le sujet développé dans cet article avait pour objectif de déterminer le sens d'écoulement des eaux et de réaliser un dimensionnement des caniveaux qui devraient faciliter cet écoulement des eaux pluviales au Quartier Joli-site et Golf de la Ville de Kolwezi, chef-lieu de la province du Lualaba.

Nous avons découvert que les quartiers Joli-site et Golf sont dans une zone appartenant à trois grands bassins et sont dépourvus d'infrastructures de drainage des eaux pluviales et donc méritent un assainissement pluvial. Sur la base de données recueillies qui sont les levés du terrain, nous avons pu proposer un système d'aménagement répondant aux normes techniques standard en matière d'assainissement pluvial.

A cet égard un réseau de drainage long de 54530.6 mètres a été dimensionné et est constitué des collecteurs de trois types, soit les collecteurs principaux d'environ 29821 m, les collecteurs secondaires de 21870.25m et les collecteurs tertiaires de 2839.44 m

Ces collecteurs devront avoir un fond en béton de 6mm d'épaisseur légèrement armé avec de l'acier à haute adhérence, suivant une maille carrée de 20 cm de côté ou avec un treillis soudé de même maillage. Le revêtement a une épaisseur de 12cm et concerne aussi bien le radier que les parois latérales.

REFERENCES

- [1] CARINA YUMI FURUSHO (2008): Étude du fonctionnement hydrologique d'un bassin versant périurbain: la Chézine, Nantes.
- [2] GADO HAOUAOU ZAKARIA (2013): Etude de la solution alternative à l'aménagement du canal primaire de drainage des eaux pluviales de Zogona à Ouagadougou, Ouagadougou.
- [3] KERLOC'H Bruno et MAELSTAF Damien (2003): Le dimensionnement des réseaux d'assainissement des agglomérations, Picardie.
- [4] Dieudonné OUEDRAOGO (2014): Etude technique détaillée de l'assainissement pluvial du site de BASSEKO; Ouagadougou.
- [5] WETHE.J. (2007). *Assainissement pluvial: considérations générales et système de drainage*. Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, Ouagadougou.
- [6] Mara.L. (2004): Cours d'hydraulique T2: écoulement a surface libre, groupe des écoles EIER-ETSHER, 237.
- [7] GARDIA.A. F (2012) *Etude d'un réseau de collecte des eaux pour la réalisation des voiries, réseaux divers (VRD) du site de 2iE Ouagadougou*, 69 pages. Mémoire de Master en ingénierie de l'eau et de l'environnement- Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, Ouagadougou.
- [8] SATIN M et B SELMI (1999), *Guide technique de l'assainissement*. 2^e édition, le Moniteur.
- [9] KANGU L (2024): *Cours de méthodes de recherche scientifique*, Master Complémentaire -Ecole Doctorale ISTA KINSHASA.
- [10] J.Henry (2012). Cours de topographie et topométrie générale, Université Louis Pasteur.
- [11] KAYEYE JP, *Cours de topographie*, Institut Supérieur des techniques appliquées de Kolwezi, RD Congo.
- [12] M DE DAPPER (1979). Le microrelief des surfaces de sommet des plateaux à couverture sabloneuse de Kolwezi, SHABA-Zaire.
- [13] ANAT (2023), Nouvelle configuration de la ville de Kolwezi, Kinshasa.
- [14] <https://congo.autrement> consulté le 04 avril 2025 à 13h00'.
- [15] <https://www.wangu.info>, consulté le 07 avril 2025 à 10h30'.

Perception of riverine populations in the Nakanbe-Wayen basin on surface water resources in the Sahelian zone of Burkina Faso

Wennepinguere Virginie Marie Yameogo^{1,2}, Farid Traore², Blaise Ouédraogo², and Mipro Hien¹

¹Environment, Water and Forests Department, Université Nazi BONI (UNB), Bobo–Dioulasso P.O. Box 1091, Burkina Faso

²Natural Resources Management Department, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Ouagadougou P.O. Box 8645, Burkina Faso

Copyright © 2025 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: Water resources are the economic and social backbone of Burkina Faso. However, these resources are subject to strong climatic and anthropic pressures. The aim of this study was to understand the perceptions of local communities regarding surface water resources in three Ramsar wetlands in Burkina Faso. Data collection was based on field surveys of the riparian population and interviews with resource persons. A pre-designed questionnaire and interview guide were formalized using the Kobotoolbox tool. IBM SPSS Statistics (version 22) was used for data analysis. The results show that the water surface areas of the three Ramsar sites studied - Lake Dem, Lake Bam and the «Nakanbé-Mané Basin» wetland - are on a downward trend. The main causes are siltation of the basins, drought, high evapotranspiration, heavy pressure from uses, inadequate maintenance, etc. Restoration solutions implemented in the watershed include protection and restoration work, awareness-raising and capacity-building, and repair work. Despite the diversification of activities carried out, the results obtained remain insufficient, according to local residents. A package of measures was therefore proposed. These include strengthening water management structures, increasing water storage capacity, restoring structures and ecosystems, and stepping up awareness-raising and training activities.

KEYWORDS: Water resources, Local viewpoint, Ramsar wetland, Climate change, Anthropogenic pressure, West African Sahel.

1 INTRODUCTION

Water resources, essential to all life and to the equilibrium of ecosystems, provide society with a wide range of ecological goods and services [1-4]. These goods and services also act as a link between natural systems and people [5]. However, today's surface water resources are under constant pressure from climate change and anthropogenic pressures [6-13]. The consequences include changes in the surface conditions of water reservoirs [14-17], a sharp drop in their volume [18-21], and so on. This has a major impact on ecosystem functioning and human well-being [22-24]. This situation is increasingly becoming a major concern, especially in the Sahelian countries of West Africa. Burkina Faso, one of these countries, is no exception. Characterized by low rainfall and regular extreme events (heavy rains, long periods of drought), surface water in Burkina Faso, considered the only easily mobilized and available resource [25], is for the most part seasonal, and many water bodies dry up during the dry season. What's more, anthropogenic actions accentuate their early drying-up [26]. In these vulnerable conditions, sustainable management of water resources is an urgent necessity and an imperative for sustainable development. For this reason, the Nakanbé basin has been the subject of several scientific studies aimed at gaining a better understanding of its hydrological behavior [6, 27-35]. However, most of these studies have not sufficiently taken into account the perceptions of local populations. Yet sustainable management of water resources is inextricably linked to the perception of water by local stakeholders [36, 37]. It is also relevant to a holistic understanding of these resources [38]. The main objective of this study is to apprehend the riparian population's perception of surface water resources in three Ramsar wetlands in Burkina Faso. Specifically, it will examine with them the causes of the regression of water surfaces and identify restoration strategies.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 STUDY SITES

The Ramsar wetlands¹ studied were Lake Bam and Lake Dem, and the “Nakanbé-Mané basin” wetland. Lake Bam, the country’s largest natural and permanent lake [39], covers an area of around 2,350 ha at high water [40]. Its watershed extends over 35 km [3], with an initial water capacity of over 40 million m³. It was designated a Ramsar wetland on October 7, 2009 [41]. Lake Dem is also a natural, permanent water reservoir covering 750 ha and extending over a length of around 20 km at high water, with a volume of 15 million m³ (<https://rsis.ramsar.org/fr/ris/1882>, consulted on 25/01/2023).

It was designated a Ramsar site on October 7, 2009 [41]. The “N1akanbé-Mané basin” is a seasonal wetland covering 19,477 ha (<https://rsis.ramsar.org/fr/ris/2254>, consulted on 25/0/2023). The wetland’s artificial water reservoir covers an area of 8 ha. It was designated a Ramsar site on February 2, 2016 [42]. These wetlands are the economic lungs of the region [41]. In addition, fishing, livestock breeding, market gardening and the exploitation of non-timber forest products enable riverside communities to meet their daily needs and improve their living conditions [43]. These wetlands are an important refuge for avifauna and aquafauna, especially during the hot season (April, May and June) [40].

The watershed of the sites studied, the Nakanbé-Wayen basin, is characterized by a warm semi-arid climate (BSh), according to Köppen’s classification [44]. It is also characterized by the alternation of a short wet season from mid-June to mid-October and a long dry season, with maximum rainfall in August. Water bodies are subject to high potential evapotranspiration, ranging from 2,000 mm to 3,000 mm [45]. A number of studies carried out in the watershed have shown that the water surface area is shrinking, and that the reservoirs studied show a seasonal trend [40, 46-48], reflecting their gradual drying out. The geographical location of these wetlands is illustrated in Figure 1.

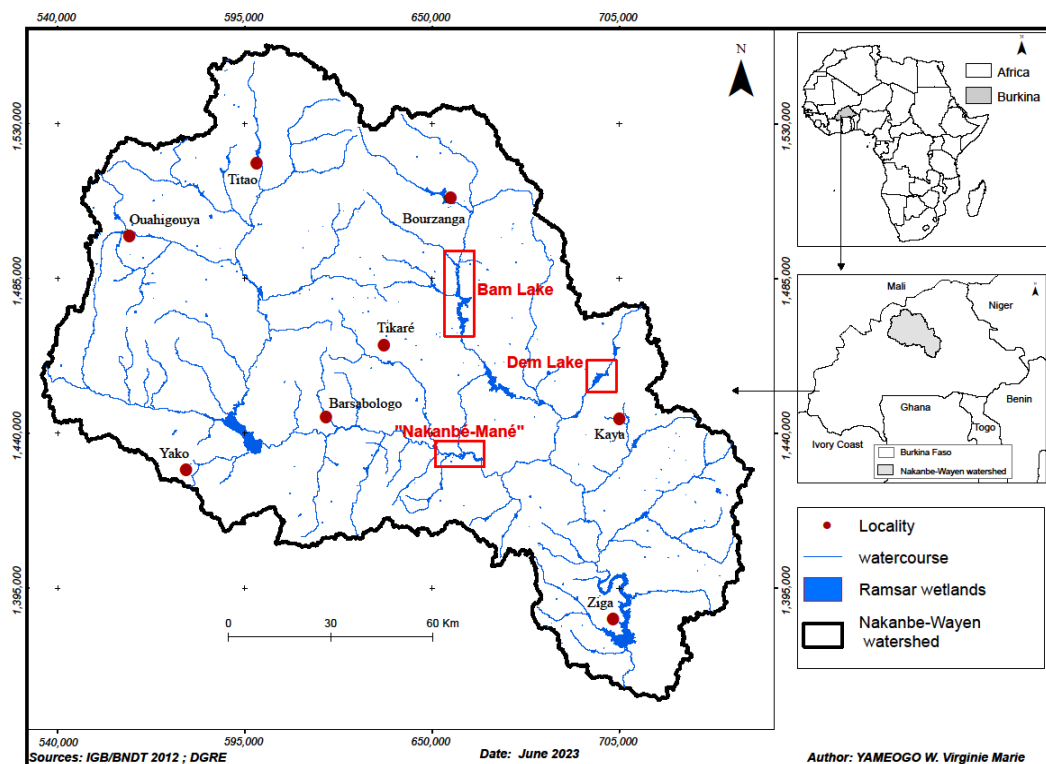


Fig. 1. Location of survey sites

¹ According to the text of the Convention (Article 1.1), wetlands are: “areas of marsh, fen, peatland or water, whether natural or artificial, permanent or temporary, with water that is static or flowing, fresh, brackish or salt, including areas of marine water the depth of which at low tide does not exceed six metres”.

2.2 SAMPLING

Administrative villages located within a radius of two (2) kilometers of the three Ramsar sites were selected to conduct surveys of heads of households. The household is defined as a group of people, related or not, who live in the same compound, generally eat their meals together and answer to the same head of household [49]. They are chosen according to the age, sex and activities of the head of household. Indeed, it has been indicated that age and gender have an influence in determining people's perceptions of natural resource dynamics [37]. Thus, for the age criterion, respondents should be at least forty-five (45) years old, given the specificity of the study in relation to climate change. This age criterion is recommended because it is assumed that at the age of 15, an individual is capable of memorizing the key events in the evolution of the natural environment thirty (30) years previously [50].

In addition, the head of household must have lived in the same locality for at least 30 years. The head of household's activity should be intrinsically linked to the water resource (agriculture, fishing, livestock breeding, etc.). These people were selected with the support of the Village Development Council (CVD) ².

In each village surveyed, the gender component was integrated into the sample population. Thus, at least 16% of the sample is made up of women. A total of 319 respondents were selected, comprising 268 men and 51 women. The list of villages surveyed is shown in Table 1.

Tableau 1. List of villages surveyed

Wetland	Village	Number of people surveyed
Lake Dem	Zorkoum,	31
	Dem,	42
	Kamsaogo	32
	Total	105
Dam Razinga (Nakanbe-Mane)	Yilou	27
	Malou	28
	Yabo	38
	Total	93
Lake Bam	Kora	27
	Zimtanga	28
	Bargo	26
	Kongoussi	40
	Total	121

In addition to the survey of the local population, fifteen (15) resource persons, five per site, were interviewed. The identification of these resource persons was based on a reasoned choice according to the criteria of seniority and knowledge of one of the wetlands (Bam, Dem, Nakanbé-Mané). A "resource person" is defined as someone who, thanks to his or her training and experience, is able to help and advise others in the group to which he or she belongs [51].

2.3 DATA COLLECTION AND PROCESSING

Data was collected between February and March 2023 using a questionnaire and an interview guide, designed and sent to the riparian population and resource persons respectively. The riparian population is essentially made up of farmers (rainfed and market garden crops), pastoralists, agropastoralists and fishermen. The group of resource persons is made up of staff from technical services in charge of water, the environment, agriculture and livestock, as well as administrative and customary leaders. The pre-designed questionnaire and interview guide were formalized using the Kobotoolbox tool, downloadable to

² A genuine instrument of local community development, the CVD is set up in each village of the rural commune as well as in villages attached to the urban commune.

smart phones via the KoboCollectv1.25.1 application. KoBoToolbox (<https://www.kobotoolbox.org/>) is a free, open-source digital data collection system based on Google's Open Data Kit (ODK). User-friendly, KoBoToolbox can be adopted to collect quantitative or qualitative survey data, and reduces errors and data entry time by standardizing the method of data collection and entry. The data collected was analyzed using IBM SPSS Statistics (version 22), a benchmark software package for statistical analysis.

When processing the data, the most commonly used variable is the Citation Frequency (CF). It is used to identify trends in a data set, to understand the relative importance of a situation, and to facilitate decision-making based on quantitative observations. The formula for calculating CF is as follows:

$$CF = \frac{N\text{Number of citations}}{\text{Total number of citations}} * 100$$

3 RESULTS

3.1 PROFILE OF RESPONDENTS

The profile of respondents is shown in Table 2. Respondents from the three Ramsar wetlands averaged 84% men and 16% women, with an average age of around 49 years. The low proportion of female respondents is explained by the fact that there are few female heads of household, who are generally widowed.

Nearly all respondents are mainly engaged in farming (over 90%), the main income-generating activity. Livestock rearing, considered the second economic activity, is practiced by 76% of respondents. The exploitation of non-timber forest products, considered to be the third source of income for rural households, is practiced by at least 42% of respondents. Fishing is practised by only 8% of those surveyed. Although mining, especially artisanal mining (gold panning), is booming in the region, we had no respondents who practiced this activity. Over 82% of them are at least literate, with almost 29% claiming to have at least primary school education.

Tableau 2. *Profile of respondents*

Variable	Modality	lake Bam	Lake Dem	Nakanbe-Name	Total
Gender	Men	101 (82%)	88 (84)	79 (86%)	268 (84%)
	Women	22 (18%)	16 (16%)	13 (14%)	51(16%)
	Total	123	104	92	319
Activity	Agriculture	(113) 92%	95 (91%)	82 (89%)	91%
	Livestock	91 (74%)	80 (77%)	72 (78%)	76%
	Fisheries	11(10%)	9 (8%)	7 (6%)	8%
	Non-timber forest products	53 (43%)	44 (42%)	37 (40%)	42%
Level of education	None	21 (17%)	19 (18%)	15 (16%)	55 (17%)
	Literacy	58 (47%)	62 (60%)	53 (58%)	173 (54%)
	Primary	35 (28%)	16 (15%)	20 (22%)	71 (22%)
	Secondary et higher	9 (7%)	7 (7%)	4 (4%)	20 (6%)

Source: Field survey, March 2023.

3.2 MAJOR ECOSYSTEM BENEFITS/SERVICES PROVIDED

The results of interviews with local residents showed that almost all (94%) of respondents, all categories included, recognized the provisioning service as the best service provided by the water resources of the Ramsar sites studied. This service provides fresh water for human and animal consumption needs, production activities (agriculture, livestock breeding), etc. The other three ecosystem services, namely regulation (maintenance of water regimes, climate regulation), support (biodiversity, soil formation, etc.) and socio-cultural (education, places of worship, leisure/recreation) are less well known. Indeed, the support service is known by 65% of respondents, followed by the socio-cultural service cited by over 57% of respondents, and finally the regulation service, which is cited by 52% of respondents (Figure 2). Also, all types of ecosystem services are cited by over 52% of representatives.

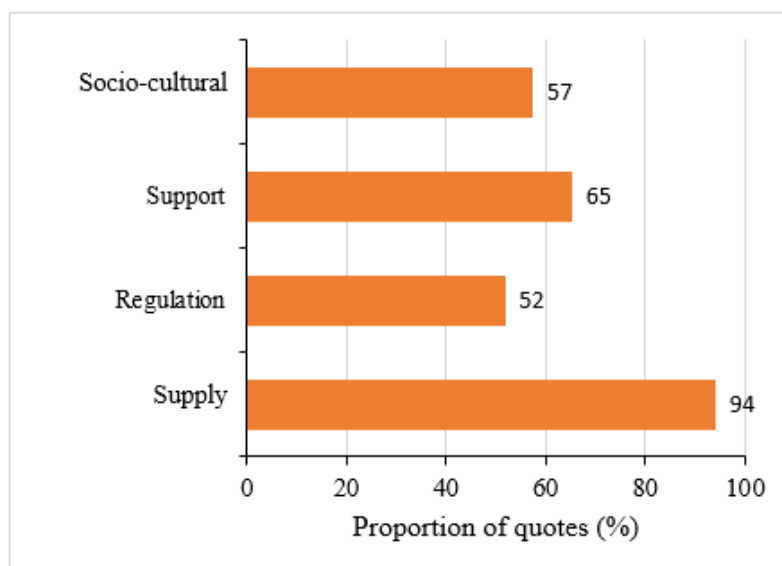


Fig. 2. Proportion of citations for types of ecosystem services

Source: Field survey, March 2023

As far as resource persons are concerned, all types of ecosystem services are cited by over 80% (Table 3).

Tableau 3. Proportion of quotes relating to the types of ecosystem services provided, by respondent category

Respondent categories	Services	Proportion (%)
Riparian populations	Provisioning	94
	Support	65
	Regulation	52
	Socio-cultural	57
Resource people	Provisioning t	100
	Support	95
	Regulation	95
	Socio-cultural	81

Source: Field survey, March 2023.

3.3 DECREASING SURFACE WATER RESOURCES IN WETLANDS

An analysis of the surveyed population's perception of the shrinking water surfaces of the wetlands shows that all respondents recognize a downward trend in the water surfaces of the sites surveyed (Figure 3). This is borne out by the fact that farmers and fishermen are seeing a gradual reduction in the availability of surface water. Perceptions of the extent of the decline vary from site to site. In the Nakanbé-Mané wetland, 100% of respondents felt that the surface water resource in their wetland was much reduced compared with the past, compared with 94% of respondents in the Lac Dem wetland. Although to a lesser degree, the majority of respondents in the Lake Bam wetland feel that their surface water resources have diminished.

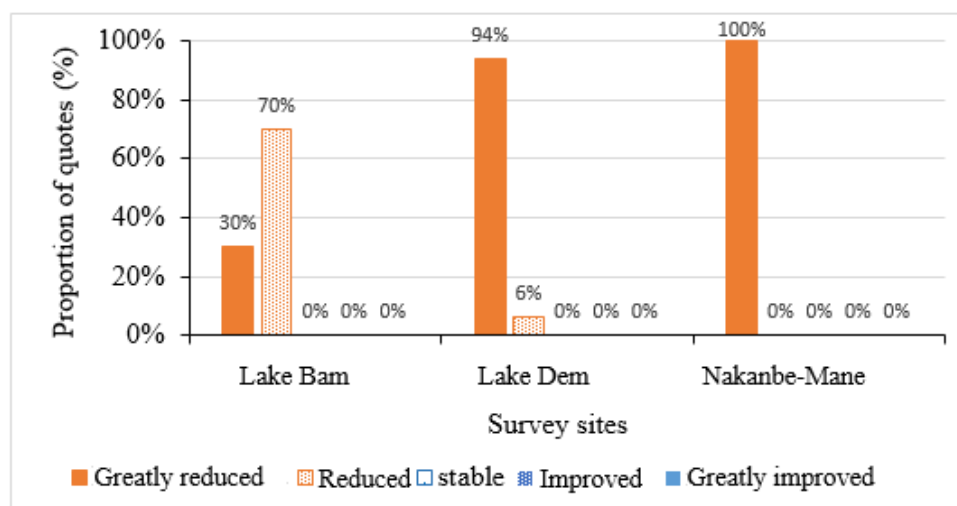


Fig. 3. Proportion of citations relating to surface water dynamics

Source: Field survey, March 2023

The same analysis carried out by the resource persons shows a sharp reduction in all the reservoirs studied. Indeed, the Nakanbé-Mané wetland is completely dry by February for most of the year, while the other two wetlands have seen their reservoirs fall sharply. Lake Bam is broken up into chains of pools in certain places during the periods of high flooding (March, April, May).

3.4 CAUSES OF DECLINING WATER RESOURCES

The main causes of declining surface water resources in the wetlands surveyed, according to local residents, are both anthropogenic and climatic. They are: (i) sedimentation (or silting) of water reservoirs, cited by at least 87% of respondents, (ii) lack of upkeep/maintenance perceived by at least 67% of respondents, (iii) drought cited by at least 65% of respondents, (iv) strong evaporation cited by 58% of respondents, (v) strong pressure of use cited by at least 48% of respondents and (vi) non-rational use cited by 21% of respondents (Figure 4).

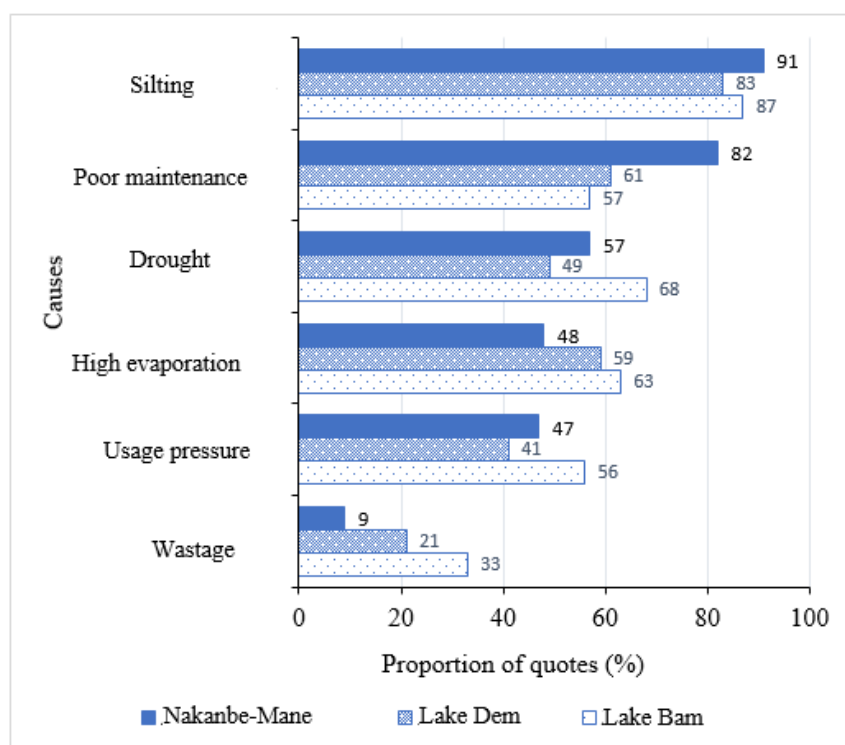


Fig. 4. Proportion of quotes from the riparian population relating to the decline in surface water resources in the wetlands of the Nakanbé-Wayen basin.

Source: Field survey, March 2023

As far as resource people are concerned, the causes of the decline in surface water resources at the sites studied are also anthropogenic and climatic (Figure 5), attributed largely to sedimentation (97%), high pressure of use (96%), high evaporation (85%), droughts (68%), lack or inadequate maintenance (49%) and non-rational use (such as wastage) of water resources (51%).

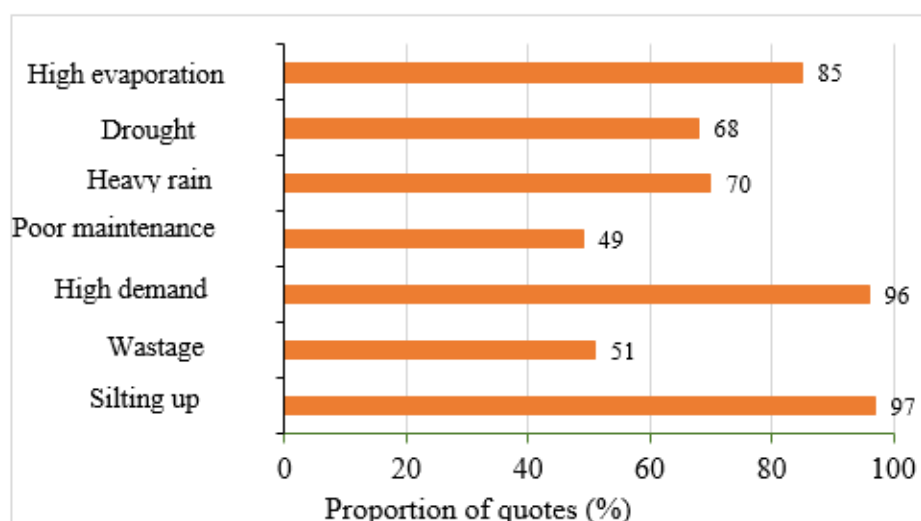


Fig. 5. Proportion of resource persons' quotations relating to the causes of the decline in the level of surface water resources in the wetlands of the Nakanbé-Wayen basin

Source: Field survey, March 2023

3.5 FUTURE OF WETLAND SURFACE WATER

The perception of local people about the future of wetland surface water is common. Almost all (at least 90%) predict an uncertain future, with the risk of disappearance, and over 60% predict a complete disappearance of wetland water surfaces if no concerted action is taken to reverse the trend. None believed that wetlands would stabilize or improve under current conditions. Only 9% of respondents gave no opinion (Figure 6).

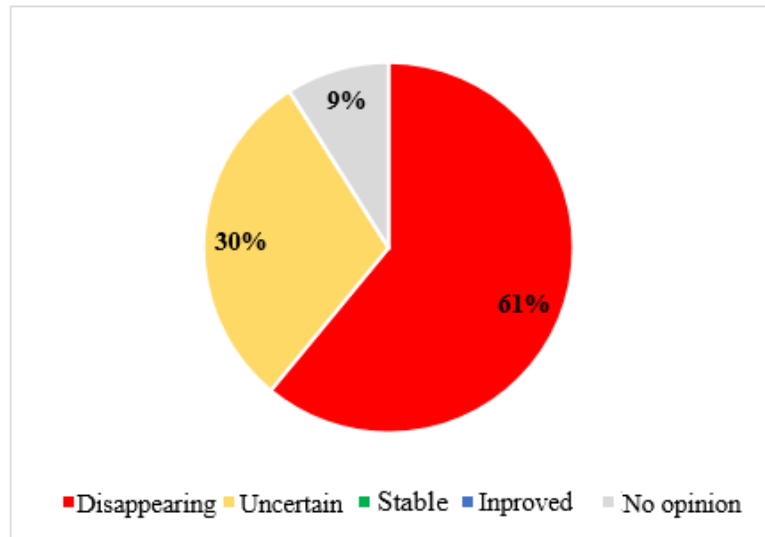


Fig. 6. Proportion of quotes from local residents concerning the future of the sites studied

Source: Field survey, March 2023

Resource people's perception of the future of the water surfaces is in line with that of the local population, but less severe. In view of the evolution of these reservoirs, they predict an uncertain future in the medium term (50 years) for all the sites studied.

3.6 RESTORATION SOLUTIONS

The importance of preserving water resources and wetland ecosystems cannot be overshadowed, not even by the local population, who welcome the efforts made by the authorities to preserve them. The various restoration measures already implemented are categorized into groups of actions. The most frequently cited proposals are as follows: (a) protection and/or restoration work, such as limiting easement strips, stone barriers, hedgerows, etc., by 75% of respondents; (b) awareness-raising and capacity-building for populations/water users, such as training in water and soil conservation techniques (photos 1 and 2) by 58% of respondents; and (c) repair work by 33% of respondents.

3.7 ACTIVITIES PLANNED / TO BE IMPLEMENTED

Despite the diversification of activities carried out, the results achieved remain insufficient, according to local residents, due to the continuing regression of wetland surfaces. This assertion is also supported by resource persons. In view of this, strong measures need to be diversified, multiplied and accelerated in order to reverse the regression trend. These include (i) revitalizing water management structures such as local water committees (CLE), water police and water user committees, (ii) increasing water storage capacity, through the creation of new reservoirs and, above all, by desilting (or cleaning out) existing reservoirs in order to reduce the pressure exerted on them, (iii) reinforcing actions to protect/restore structures and ecosystems, such as the protection of easement strips and wetland banks, as well as the complete restoration of their ecosystems (iv) reinforcing awareness-raising and training actions and promoting socio-economic activities such as eco-tourism.

4 DISCUSSION

Analyses of the perceptions of local residents and resource persons show that there is a marked trend towards a reduction in water resources in the catchment area. This assertion is also confirmed by many other authors [21, 40, 48, 52]. The decline in water surface areas is common to many countries [53-55]. This trend towards shrinking water surfaces threatens the sustainability of wetland ecosystems [56, 57] and the well-being of populations [58].

According to the people surveyed, local residents and resource persons, the causes of the downward trend in water surface area are both anthropogenic and climatic. This perception is also borne out by more than one study, which agrees that the loss of wetland surface area is the combined result of natural and anthropogenic factors [59-66]. Observations made in the field during our outings illustrate this state of affairs. In fact, bad farming practices such as cultivation in the easement strip and even in the minor bed, the opening of trenches (photos 3 and 4), the abusive cutting of green wood to extend fields, the exploitation of aggregates in the minor bed, animal pressure (trampling by animals), accentuate the sedimentation (silting) of water surfaces. In recent years, we have also witnessed the proliferation of invasive plants, which contribute to the silting-up and reduction of water surface areas in reservoirs.

In addition, the non-rational use of water resources leads to water wastage. By way of example, the motor-driven pump, equipped with water pipes that are often defective, is the main water extraction tool. This means a lot of water is lost during transport to the plots. What's more, the quantities of water transported are far in excess of the actual needs of the crops in the plots. As a result, water, already scarce, is subject to unprecedented overexploitation, leading to a continuous increase in demand for water for ever-growing populations [67, 68].



Photo 1. Stone cordons



Photo 2. Half moons



Photo 3. Opening trenches in the reservoir basin of a dam



Photo 4. Opening trenches and planting fields in reservoir basin of a dam

Source: Field survey, March 2023

In connection with climate change, high evaporation from surface water reservoirs, droughts and intense rainfall are cited among the climatic causes. Indeed, the upward trend in the intensity and occurrence of heavy rainfall [69], and strong winds [70], accelerate soil erosion or more or less severe gully, resulting in sedimentation (silting) of water bodies [71]. This is particularly worrying at watershed level [72]. Most of the watercourses in the Nakanbé river basin are covered by extensive sand deposits [52]. As a result, droughts lead to water deficits. In addition, surface waters are increasingly subject to higher and steadily increasing evaporation as a result of rising temperatures [73]. Increased evapotranspiration means that more of the precipitation evaporates rather than runs off the surface [74], exacerbating aridification in the wetland catchment. In addition, average annual evaporation is over 2,000 mm, resulting in the loss of over 60% of water from surface reservoirs [75]. This depletion of water resources creates environmental, social and economic challenges, exacerbating the vulnerability of the populations that depend on it [76].

5 CONCLUSION

This study examined the perception of the local population on water resources at three Ramsar sites in the Nakanbé-Wayen watershed. A downward trend in the water surface area of these sites was observed across all surveys. The causes of this regression are both climatic and anthropogenic, the main ones being the silting up of basins, drought, high evapotranspiration, high usage pressures and insufficient maintenance. Restoration solutions are being implemented in the watershed, but it is clear that despite the diversification of activities carried out, the results obtained remain insufficient and the trend of decline in water surfaces continues. Strengthening the synergy of action between the stakeholders involved, the State and its financial and technical partners in the sustainable management of these sites is essential, in order to restore and preserve the potential that contributes enormously to the socio-economic development of the region in particular and the country in general. In addition, to better empower local stakeholders, the establishment or revitalization of a local management committee, responsible for regulating access to and use of water, is necessary for each Ramsar wetland.

REFERENCES

- [1] S. Rapinel, «Contribution de la télédétection à l'évaluation des fonctions des zones humides: de l'observation à la modélisation prospective», Thèse de doctorat, Sciences Humaines et Sociales, Université Rennes 2, France., 2012.
- [2] W. J. Mitsch, B. Bernal, and M. E. Hernandez, «Ecosystem services of wetlands», *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, vol. 11, pp. 1-4, 2015/01/02 2015.
- [3] K. Drabo, J. Yameogo, and L. Sawadogo, «Examen de la gestion et stratégies de protection des berges du Lac Bam à Kongoussi au Centre-Nord du Burkina Faso», *Int. J. Biol. Chem. Sci*, vol. 10, pp. 944-956, 2016.
- [4] G. Gayet, J. Touroult, G. Barnaud, F. Baptist, P. Caessteker, J. C. Clement, *et al.*, «Une méthode nationale pour évaluer les fonctions des zones humides dans le cadre de la compensation écologique des impacts», *Sciences Eaux & Territoires* pp. 60-65, 2017.
- [5] P. Vihervaara, T. Kumpula, A. Tanskanen, and B. Burkhard, «Ecosystem services—A tool for sustainable management of human–environment systems. Case study Finnish Forest Lapland», *Ecological Complexity*, vol. 7, pp. 410-420, 2010/09/01/ 2010.
- [6] G. Mahe, «Surface/groundwater interactions in the Bani and Nakambe rivers, tributaries of the Niger and Volta basins, West Africa», *Hydrological Sciences Journal*, vol. 54, pp. 704-712, 2009.
- [7] O. Kalaoun, M. Jazar, and A. Al Bitar, «Assessing the Contribution of Demographic Growth, Climate Change, and the Refugee Crisis on Seawater Intrusion in the Tripoli Aquifer», *Water*, vol. 10, p. 973, 2018.
- [8] C. Baron and A. Bonnassieu, «Les enjeux de l'accès à l'eau en Afrique de l'Ouest: diversité des modes de gouvernance et conflits d'usages», *Mondes en développement*, vol. 156, pp. 17-32, 2011.
- [9] N. Dörfliger and J. Perrin, «Ressources en eau: une gestion nécessairement locale dans une approche globale», vol. 13, 07/01 2011.
- [10] D. Bigelow and H. Zhang, «Supplemental irrigation water rights and climate change adaptation», *Ecological Economics*, vol. 154, pp. 156-167, 12/01 2018.
- [11] S. Kusangaya, M. L. Warburton, E. Archer van Garderen, and G. P. W. Jewitt, «Impacts of climate change on water resources in southern Africa: A review», *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, vol. 67-69, pp. 47-54, 2014/01/01/ 2014.
- [12] S. Devienne, A. Degroote, and F. Michel, «De l'eau pour qui et pour quoi? Rôle de l'irrigation dans l'évolution de l'agriculture et les systèmes de production actuels dans différents territoires du bassin Adour-Garonne», *Sud-Ouest Européen*, 2022.

- [13] D. Kohnert, «L'eau, une bénédiction et une malédiction: comment résoudre les conflits liés à l'eau en Afrique de l'Ouest?», 2023.
- [14] A. Sanchez, D. Abdul Malak, A. Guelmami, and C. Perennou, «Development of an indicator to monitor mediterranean wetlands», *PloS one*, vol. 10, pp. e0122694-e0122694, 2015.
- [15] C. Etene, E. Dossou-Yovo, L. Sintondji, and E. Vissin, «Impacts des changements climatiques et de la dynamique du couvert végétal sur les ressources en eau dans le bassin de l'Okpara à l'exutoire de Kaboua à l'horizon 2025», *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*, vol. 19, pp. 267-281, 2017.
- [16] J. Anand, A. K. Gosain, and R. Khosa, «Prediction of land use changes based on Land Change Modeler and attribution of changes in the water balance of Ganga basin to land use change using the SWAT model», *Science of The Total Environment*, vol. 644, pp. 503-519, 2018/12/10/ 2018.
- [17] R. Bodjrenou and F. Comandan, «Influence de la dynamique de l'occupation des terres sur les ressources en eau au Benin (Afrique de l'Ouest)», *LHB*, vol. 109, p. 2233482, 2023/12/31 2023.
- [18] W. Junk, S. An, M. Finlayson, B. Gopal, J. Květ, S. Mitchell, *et al.*, «Current state of knowledge regarding the world's wetlands and their future under global climate change: A synthesis», *Aquatic Sciences*, vol. 75, pp. 151-167, 01/01 2013.
- [19] N. C. Davidson, «How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area», *Marine and Freshwater Research*, vol. 65, pp. 934-941, 2014.
- [20] Z. Zhu, «Change detection using landsat time series: A review of frequencies, preprocessing, algorithms, and applications», *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 130, pp. 370-384, 2017.
- [21] W. V. M. Yameogo, B. Tankoano, O. Kabore, Y. L. Akpa, Z. Sanon, F. Traore, *et al.*, «Monitoring of Water Surfaces in the Nakanbe-Wayen Watershed: Case of Bam and Dem Lakes in Burkina Faso», *International Journal of Natural Resource Ecology and Management*, vol. 8, pp. 38-48 2023.
- [22] C. O. Koning, «Vegetation patterns resulting from spatial and temporal variability in hydrology, soils, and trampling in an isolated basin marsh, New Hampshire, USA», *Wetlands*, vol. 25, pp. 239-251, 2005/06/01 2005.
- [23] F. Robledano, M. A. Esteve, P. Farinós, M. F. Carreño, and J. Martínez-Fernández, «Terrestrial birds as indicators of agricultural-induced changes and associated loss in conservation value of Mediterranean wetlands», *Ecological Indicators*, vol. 10, pp. 274-286, 2010/03/01/ 2010.
- [24] J.-F. Pekel, A. Cottam, N. Gorelick, and A. S. Belward, «High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes», *Nature*, vol. 540, pp. 418-422, 2016/12/01 2016.
- [25] DGRE, «Synthèse du suivi des ressources en eau», DGRE, Burkina Faso 2018.
- [26] S. Koala, M. M. Lompo, and J.-M. Dipama, «Dynamique d'occupation des terres dans un contexte de changement climatique et d'anthropisation dans le bassin versant du Nakambé (Burkina Faso)», 2024.
- [27] B. Ibrahim, «Caractérisation des saisons de pluies au Burkina Faso dans un contexte de changement climatique et évaluation des impacts hydrologiques sur le bassin du Nakanbé. Hydrologie», PhD, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI Français. ffnNT: 2012PA066087ff. fftel-00827764f, 2012.
- [28] Y. P. Gbohoui, J.-E. Paturel, T. Fowe, L. A. Mounirou, R. Yonaba, H. Karambiri, *et al.*, «Impacts of climate and environmental changes on water resources: A multi-scale study based on Nakanbé nested watersheds in West African Sahel», *Journal of Hydrology: Regional Studies*, vol. 35, p. 100828, 2021/06/01/ 2021.
- [29] R. O. Yonaba, «Dynamique spatio-temporelle des états de surface et influence sur le ruissellement sur un bassin de type sahélien: cas du bassin de Tougou (Nord Burkina Faso)», Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, 2020.
- [30] D. Bambara, H. Compaoré, and A. Bilgo, «Evolution des températures au Burkina Faso entre 1956 et 2015: cas de Ouagadougou et de Ouahigouya », *Physio-Géo*, vol. 12 pp. 23-41, 2018.
- [31] C. M. Taylor, D. Belušić, F. Guichard, D. J. Parker, T. Vischel, O. Bock, *et al.*, «Frequency of extreme Sahelian storms tripled since 1982 in satellite observations», *Nature*, vol. 544, pp. 475-478, 2017.
- [32] H. Karambiri, S. García Galiano, J. Giraldo, H. Yacouba, B. Ibrahim, B. Barbier, *et al.*, «Assessing the impact of climate variability and climate change on runoff in West Africa: the case of Senegal and Nakambe River basins», *Atmospheric Science Letters*, vol. 12, pp. 109-115, 2011.
- [33] P. N. Kaboré, A. Ouédraogo, P. Y. Sanon, and L. Somé, «Caractérisation de la vulnérabilité climatique dans la région du Centre-Nord du Burkina Faso entre 1961 et 2015», *Climatologie*, vol. vol. 14 p. 14, 2017.
- [34] J. Tirogo, A. Jost, A. Biao, D. Valdes-Lao, Y. Koussoubé, and P. Ribstein, «Climate Variability and Groundwater Response: A Case Study in Burkina Faso (West Africa)», *Water*, vol. 8, p. 171, 2016.
- [35] T. Fowe, H. Karambiri, Y. Hamma, B. Barbier, J.-E. Paturel, and B. Ibrahim, «Impacts des scenarii climatiques et de l'occupation des sols sur les ressources en eau du bassin versant du Nakanbé (Burkina Faso)», *Climat et Développement*, vol. 14, pp. 123-137, 12/01 2012.

- [36] K. Sherren, J. Fischer, and R. Price, «Using photography to elicit grazier values and management practices relating to tree survival and recruitment,» *Land Use Policy*, vol. 27, pp. 1056-1067, 2010/10/01/ 2010.
- [37] W. Mengist, T. Soromessa, G. L. Feyisa, and G. D. Jenerette, «Socio-environmental determinants of the perceived value of moist Afromontane forest ecosystem services in Kaffa Biosphere Reserve, Ethiopia,» *Forest Policy and Economics*, vol. 136, p. 102688, 2022.
- [38] R. Ahammad, N. Stacey, and T. C. H. Sunderland, «Use and perceived importance of forest ecosystem services in rural livelihoods of Chittagong Hill Tracts, Bangladesh,» *Ecosystem Services*, vol. 35, pp. 87-98, 2019/02/01/ 2019.
- [39] N. Da, R. Ouédraogo, and A. Ouéda, «Relation poids-longueur et facteur de condition de *Clarias anguillaris* et *Sarotherodon galilaeus* pêchées dans le lac Bam et le réservoir de la Kompienga au Burkina Faso,» *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 12, pp. 1601-1610, 2018.
- [40] L. Moser, S. Voigt, E. Schoepfer, and S. Palmer, «Multitemporal Wetland Monitoring in Sub-Saharan West-Africa Using Medium Resolution Optical Satellite Data,» *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol. 7, 08/11 2014.
- [41] SP/CNDD, «Fiche descriptive Ramsar Lac Bam Burkina Faso,» Burkina Faso2017.
- [42] SP/CONEDD, «Fiche descriptive Ramsar Bassin du Nakanbé-Mané Burkina Faso,» SP/CONEDD, Burkina Faso2016.
- [43] SP/CNDD, «Fiche descriptive Ramsar lac Dem Burkina Faso,» 2017.
- [44] H. E. Beck, N. E. Zimmermann, T. R. McVicar, N. Vergopolan, A. Berg, and E. F. Wood, «Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution,» *Scientific data*, vol. 5, pp. 1-12, 2018.
- [45] MEA, «Synthèse du suivi des ressources en eau au Burkina Faso - Année 2019,» 2020.
- [46] MEE, «Etat des lieux des ressources en eau du Burkina Faso et de leur cadre de gestion,» 2001.
- [47] L. Moser, A. Schmitt, A. Wendleder, and A. Roth, «Monitoring of the Lac Bam Wetland Extent Using Dual-Polarized X-Band SAR Data,» *Remote Sensing*, vol. 8, p. 302, 04/05 2016.
- [48] CINTTECH, «Schéma directeur d'aménagement de l'espace du lac Dem,» Ouagadougou, Burkina Faso, 72-76 2018.
- [49] M. Yelkouni, «Gestion d'une ressource naturelle et action collective: le cas de la forêt de Tiogo au Burkina Faso,» Université d'Auvergne-Clermont-Ferrand I, 2004.
- [50] L. Ouedraogo, «Gestion de l'eau et adaptation des populations au changement climatique dans le bassin versant de Yakouta (sahel du Burkina Faso),» Thèse de doctorat Géographie, Université Abdou Moumouni, république du Niger, 2012.
- [51] B. Grave, «Devenir «personne-ressource»: gestes professionnels emblématiques d'une posture d'ajustement d'enseignants spécialisés,» *Éducation et socialisation. Les Cahiers du CERFEE*, 2022.
- [52] R. Ouedraogo, Fish and fisheries prospective in arid inland waters of Burkina Faso, West Africa: na, 2010.
- [53] T. Landmann, M. Schramm, R. R. Colditz, A. Dietz, and S. Dech, «Wide Area Wetland Mapping in Semi-Arid Africa Using 250-Meter MODIS Metrics and Topographic Variables,» *Remote Sensing*, vol. 2, pp. 1751-1766, 2010.
- [54] E. Riddell, S. Lorentz, and D. Kotze, «The hydrodynamic response of a semi-arid headwater wetland to technical rehabilitation interventions,» *Water SA*, vol. 38, pp. 55-66, 2012.
- [55] N. O. Uluocha and I. C. Okeke, «Implications of wetlands degradation for water resources management: Lessons from Nigeria,» *GeoJournal*, vol. 61, pp. 151-154, 2004/10/01 2004.
- [56] D. Bambara, A. Bilgo, E. Hien, D. Masse, A. Thiombiano, and V. Hien, «Perceptions paysannes des changements climatiques et leurs conséquences socio environnementales à Tougou et Donsin, climats sahélien et sahélo-soudanien du Burkina Faso,» *ulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)*, vol. 16, pp. 8-16, 2013.
- [57] SP/CNDD, «Le quatrième rapport sur l'état de l'environnement au Burkina Faso (REEB IV) » 2018.
- [58] A. Karpatne, A. Khandelwal, X. Chen, V. Mithal, J. Faghmous, and V. Kumar, «Global Monitoring of Inland Water Dynamics: State-of-the-Art, Challenges, and Opportunities,» in *Computational Sustainability*, J. Lässig, K. Kersting, and K. Morik, Eds., ed Cham: Springer International Publishing, 2016, pp. 121-147.
- [59] E. P. Glenn, R. Felger, A. Burquez, and D. Turner, «Cienega de Santa Clara: endangered wetland in the Colorado River delta, Sonora, Mexico,» *Natural resources journal*, vol. 32, pp. 817-824, 01/01 1992.
- [60] M. Wang, S. Qi, and X. Zhang, «Wetland loss and degradation in the Yellow River Delta, Shandong Province of China,» *Environmental Earth Sciences*, vol. 67, pp. 185-188, 2012/09/01 2012.
- [61] M. Djidel, L. Sofiane, F. Medjani, and I.-e. Bouafia, «Etude des changements écologiques des zones humides en milieu désertique en utilisant l'imagerie LANDSAT et le SIG,» *International Journal of Environment and Water*, vol. 2, pp. 81-87, 01/01 2013.
- [62] P. Zhu and P. Gong, «Suitability mapping of global wetland areas and validation with remotely sensed data,» *Science China Earth Sciences*, vol. 57, pp. 2283-2292, 2014/10/01 2014.
- [63] S. HU, Z. NIU, H. ZHANG, Y. CHEN, and N. GONG, «Simulation of spatial distribution of China potential wetland,» *Chinese Science Bulletin*, vol. 60, p. 3251, 2015.
- [64] R. Tiner, «Wetlands: An Overview,» ed, 2015, pp. 3-18.

- [65] G. Pinay, C. Gascuel, A. Menesguen, Y. Souchon, M. Le Moal, A. Levain, *et al.*, «L'eutrophisation: manifestations, causes, conséquences et prédictibilité. Synthèse de l'Expertise scientifique collective CNRS - Ifremer - INRA - Irstea.», 2017.
- [66] K. Souberou, K. Agbossou, and E. Ogouale, «Inventaire et caractérisation des bas-fonds dans le bassin versant de l'Oti au Bénin à l'aide des images Landsat et ASTER DEM,» *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)*, vol. 2, pp. 1601–1623, 2017.
- [67] MEDD, «Plan d'action National pour la gestion durable des Zones Humides du Burkina Faso,» 2013.
- [68] AEN, «Espace de compétence de l'agence de l'eau du nakanbe (EC-AEN): Schema directeur d'aménagement et de gestion de l'eau (SDAGE),» Agence de l'Eau du Nakanbé 2019.
- [69] W. V. M. Yameogo, Y. L. Akpa, J. H. Danumah, F. Traore, B. Tankoano, Z. Sanon, *et al.*, «Spatio-Temporal Evolution of Rainfall over the Period 1981–2020 and Management of Surface Water Resources in the Nakanbe–Wayen Watershed in Burkina Faso,» *Earth*, vol. 4, pp. 606–625, 2023.
- [70] P. Kabore, B. Barbier, P. Ouoba, A. Kiema, L. Some, and A. Ouedraogo, «Perceptions du changement climatique, impacts environnementaux et stratégies endogènes d'adaptation par les producteurs du Centre-nord du Burkina Faso,» *VertigO*, vol. 19, 2019.
- [71] e. H. H. Hussein, C. Laurence, and T. Laurent, «Modélisation de l'érosion hydrique à l'échelle du bassin versant du Mhaydssé. Békaa-Liban,» *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne]*, vol. 18 2018.
- [72] MAHRH, «Etat des lieux des ressources en eau du Bassin du Nakanbé,» Burkina Faso 2010.
- [73] IPCC, «Africa,» in *Climate Change 2014 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Part B: Regional Aspects: Working Group II Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report: Volume 2: Regional Aspects*. vol. 2, C. Intergovernmental Panel on Climate, Ed., ed Cambridge: Cambridge University Press, 2014, pp. 1199–1266.
- [74] S. P. Good, D. Noone, and G. Bowen, «Water resources. Hydrologic connectivity constrains partitioning of global terrestrial water fluxes,» *Science*, vol. 349, pp. 175–7, Jul 10 2015.
- [75] AEN, «Schema directeur d'aménagement et de gestion des eaux de surface de l'agence de l'eau du Nakanbé: Tome 1 Etat des lieux,» 2015.
- [76] W. V. M. Yameogo, O. Kabore, Z. Sanon, Y. L. Akpa, F. Traore, B. Tankoano, *et al.*, «Dynamique spatio-temporelle des surfaces en eau du bassin du Nakanbé-Mané au Burkina Faso,» *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 17, pp. 233–246, 2023.

Participatory diagnosis of post-harvest practices and storage constraints for *Senegalia macrostachya* seeds among farmers in the « Boucle du Mouhoun » region, Burkina Faso

Larissa Dioma¹, Koï Wenceslas Kam², Marcellin Yamkoulga¹⁻³, Emmanuel Kaboré¹, Antoine Sanon¹, and Zakaria Ilboudo¹

¹Université Joseph KI-ZERBO, Laboratoire d'Entomologie Fondamentale et Appliquée, UFR, SVT.06 BP 9499 Ouagadougou 06, Burkina Faso

²Université Yembila Abdoulaye TOGUYENI, Institut Supérieur du Développement Durable, BP 54 Fada N'gourma, Burkina Faso

³Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Département Environnement et Forêts (DEF), 03 BP 7047, Ouagadougou 03, Burkina Faso

Copyright © 2025 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Non-timber forest products (NTFPs) in semi-arid regions of sub-Saharan Africa, play a crucial role in supporting local livelihoods by providing food, income, and raw materials. Particularly in Burkina Faso, the seeds of *Senegalia macrostachya* (Reichenb. ex DC.) (Zamnè) are highly valued by all social strata due to their nutritional, economic and pharmaceutical importance. However, post-harvest preservation of these seeds remains a major constraint. This study aimed to assess the various post-harvest practices used for *S. macrostachya* seeds in the rural areas. Data were collected through a structured, interviewer-assisted questionnaire survey. Results revealed that 87.9% of the respondents store their *S. macrostachya* seeds in polypropylene bags, 52.42% in 20l plastic drums and 24.19% in traditional clay containers. The majority of respondents (99.19%), identified insect infestation as the primary cause of post-harvest losses. Seed preservation is also intended to meet both household consumption and market supply needs. The most commonly employed pest control method is heat-based pre-cooking (90.32% of respondents). In the absence of control measures substantial damage can occur as early as the first week of storage. A better understanding of post-harvest strategies in rural context is crucial for developing more effective management practices for this important food resource. Through the direct involvement of local farmers, the research seeks to: (i) document current practices, (ii) identify technical and socio-economic bottlenecks, and (iii) provide a baseline for the development of locally adapted, sustainable seed handling and storage strategies.

KEYWORDS: practices, post-harvest, pest, *Senegalia macrostachya*, traditional storage.

1 INTRODUCTION

In semi-arid regions of sub-Saharan Africa, non-timber forest products (NTFPs) play a crucial role in supporting local livelihoods by providing food, income, and raw materials [1], [2]. Among these, *Senegalia macrostachya* (Rchb. ex DC.) a multipurpose leguminous tree species, has gained increasing attention for its ecological, nutritional, and socio-economic potential [3], [4]. In Burkina Faso, the seeds of *Senegalia macrostachya* (Reichenb ex. DC), commonly known as "zamnè", hold an important position among wild legumes. Native to the Sudano-Sahelian zone, this species is traditionally exploited for fuelwood, animal fodder, soil enrichment, and, more recently, for its seeds which show promising nutritional properties [5], [6]. From a nutritional standpoint, these seeds contribute meaningfully to the local diet due to their high protein content (35.76%) [7] and their richness in essential micronutrients such as calcium (68.40mg/100g), zinc (5.34mg/100g) and iron (4.77mg/100g), they also contain appreciable levels of potassium and sodium with concentrations ranging from 10.45mg/100g to 14.60mg/100g and 22.75mg/100g to 72.18mg/100g respectively [5]. Economically, the trade of these seeds generates substantial income for rural communities [8] and these seeds are also considered to have potential applications in the pharmaceutical industry [9]. Despite their nutritional and economic importance, the development of these legumes is severely

hindered by insect pests, which compromise both the availability and quality of the seeds throughout the year [10], [11], [12]. *Caryedon furcatus*, the principal insect pest of *S. macrostachya* seeds, causes significant post-harvest losses, including weight reduction, diminished seed quality and decreased germination capacity [11], [13], [14]. In response to these damage, various control methods have been explored, such as hermetic storage, the use of biopesticides and synthetic chemical treatments. However, effective conservation strategies require a comprehensible understanding of current post-harvest handling and storage practices. Unfortunately, such knowledge remains limited and poorly documented, particularly in rural agricultural settings. While some insights have been provided by [15] in the Boulkiemde province, little is known about practices in other key production areas. The present study aims to fill this knowledge gap by conducting a participatory diagnosis of post-harvest practices and storage constraints related to *S. macrostachya* seeds in the Mouhoun region of Burkina Faso.

2 METHODOLOGY

2.1 STUDY SITE DESCRIPTION

This study was conducted in the Boucle du Mouhoun region of Burkina Faso, specifically in the Mouhoun province. Located in the northwestern part of the country, The Boucle du Mouhoun region lies between longitudes 02° 26' and 04° 38' West and latitudes 11° 15' and 13° 44' North. It covers a total area of 34,497 km² representing approximately 12.50% of the national territory [16]. The region has a predominantly rural population, with 1,901,269 inhabitants across six (6) urban communes, 41 rural communes and 1,042 villages [17]. The climate of this region is classified as Sudano-Sahelian characterized by relatively abundant rainfall, though unevenly distributed in space and time. Average annual temperatures range from 24°C and 28°C, with peaks often exceeding 40°C during the hottest periods. Dédougou, the regional capital, is located approximately, 247 km west of Ouagadougou via the town of Koudougou. The study was carried out in the urban area of Dédougou (specifically in sectors 2, 3, 4 and 5), the urban area of Toma and the rural commune of Sourti (Figure 1).

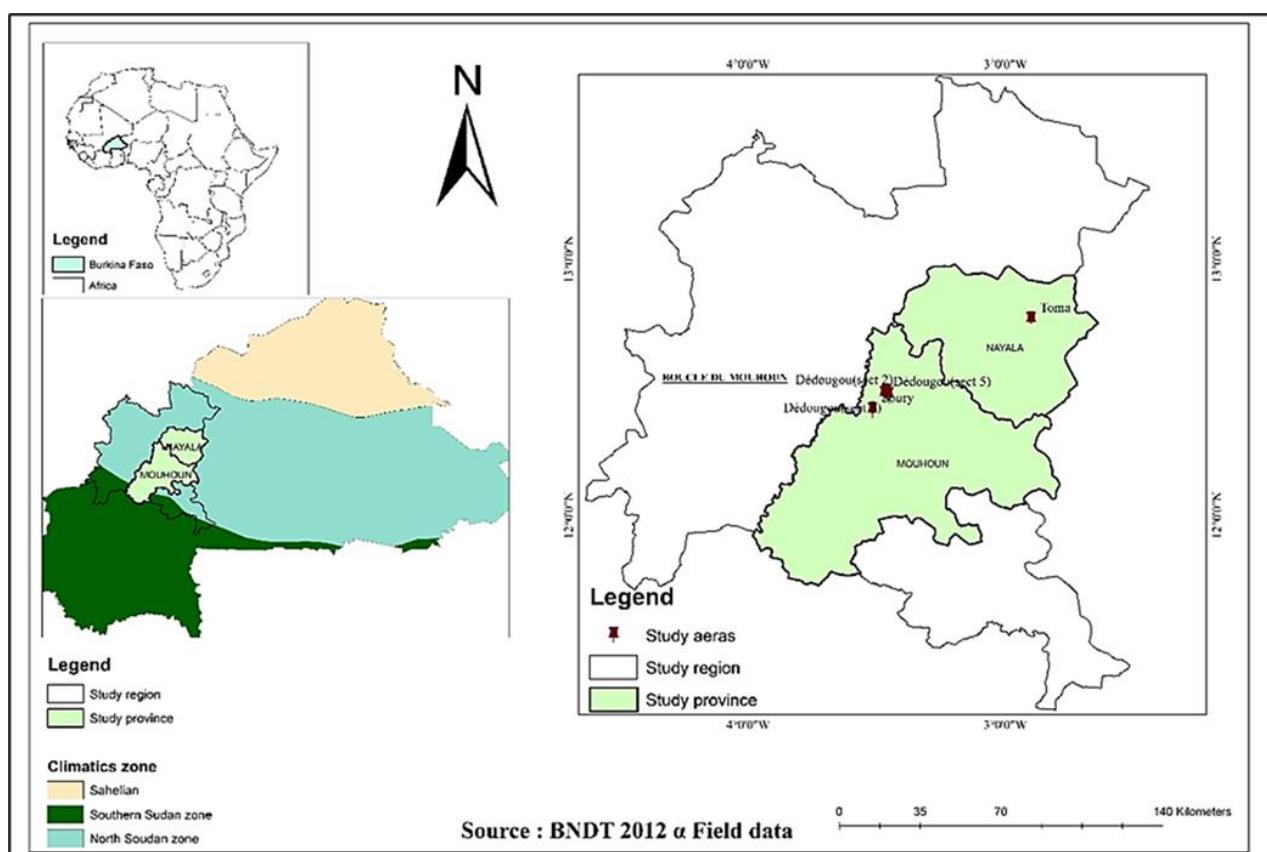


Fig. 1. Map of the surveyed sites in the Boucle du Mouhoun region

Fig. 1 shows the markets surveyed.

2.2 DIAGNOSIS OF STORAGE CONSTRAINTS IN THE FARMING ENVIRONMENT

A questionnaire-based survey was conducted among seeds collectors for the purposes of this study. The questionnaire was adapted from the one developed by [15] and included sections on general informations such as the identity and characteristics of the respondents (age, sex, education level), the various practices adopted by collectors from harvesting to storage, storage infrastructure and methods, as well as final use or destination of the stored products. Each respondent was interviewed individually to minimize peer influence and ensure the accuracy of responses, following the approach recommended by [18]. The three localities selected for the survey were chosen due to the presence of stands of *Senegalia macrostachya* and the availability of seed stocks from collectors [8]. In total, one hundred and twenty-four (124) people were surveyed. The sample size was determined using the method described by [19]. A preliminary survey was conducted to estimate the proportion of individuals who perceived insect infestation as a major to the preservation of *Senegalia macrostachya* seeds. A total of 97% of respondents confirmed this constraint, which served as a basis for calculating the require sample size. According to [19] 's formula, the resulting sample size was 124 respondents, distributed as follows: 78 in Dédougou, 25 in Toma, and 21 in Souri.

$$N = \frac{\mu^2 1 - \alpha/2 Pi(1 - Pi)}{d^2}$$

Where N = total number of individuals to be surveyed representing the sample size;

$\mu_{1-\alpha/2}$: value of the standard normal variable corresponding to a significant level $\alpha = 0.05$;

($\mu_{1-\alpha/2} = 1.96$);

d = margin of error considered in the survey, where $1\% < d < 15\%$, in the case $d = 0.03$;

Pi = estimated proportion of respondents who reported that *Senegalia macrostachya* stands are heavily infested with insects and lack any control measures.

2.3 STATISTICAL ANALYSIS OF DATA

Data collected during the survey were entered into Microsoft Excel 2019, which was also use to calculate response proportions and to generate some descriptive graphs. Further statical analyses were conducted using R software version 4.3.1 (2023-06-16). The Shapiro-Wilk test was applied to assess the normality of the data distribution, specifically for the price of a can of tomatoes and the shelf life of *zamnè* seeds, using the shapiro.test function. Based on the normality results, appropriate non-parametric tests were selected. The Mann-Whitney-Wilcoxon test was performed using the Wilcox test function at the 5% significance level ($\alpha = 0.05$).

3 RESULTS

3.1 CHARACTERISTICS OF THE RESPONDENTS

The results indicate that the most represented age group among the respondents is 25 to 40 years accounting for 45.97% of the sample (Table 1). Moreover, the majority of the respondents are female (95.97%) and illiterate (79.03%). Nevertheless, a small proportion has attained primary or secondary education and minority (2.42%) has pursue higher education.

Tableau 1. Characteristics of the surveyed population

Variables	Frequency	Percentage (%)
Sex		
Female	119	95.97
Male	05	4.03
Age (year)		
[16-25 [	10	8.06
[25-40 [	57	45.97
[40-60 [	45	36.29
≥ 60	12	9.68
Level of education		
None	98	79.03
Primary	14	11.29
Secondary	9	7.26
Bachelor	3	2.42
Organised as a cooperative		
No	99	79.84
Yes	25	20.16

3.2 POST-HARVEST PRACTICES

The results of this study indicate that the majority of collectors (55.65%) shell the pods immediately after harvest and store the seeds without any additional drying (Table 2). It is not worth noting that a small proportion of respondents (3.23%) purchased seeds that have already been shelled. Other post-harvest practices prior to seed storage are also commonly reported, such as shelling (including threshing and winnowing) immediately after harvest, followed by further drying of the seeds before storage (35.48%). Furthermore, the average interval between harvest and pod drying ranged from 1 to 7 days, for 38.71% of respondents. However, 12.90% and 24.19% of the respondents reported drying durations of 7-14 days and 14-21 days, respectively (Figure 2).

Tableau 2. Distribution of respondents' answers regarding post-harvest practices prior to seed storage

Post-harvest activities	Percentage of responses(%)
Pods shelled immediately after harvest; seeds stored without further drying	55.65
Pods shelled immediately after harvest ; seeds dried before storage	35.48
Pods dried, seeds further dried before storage	23.39
Pods dried and stored without shelling	20.97
Pods dried, then shelled before seed storage	20.97
Seeds purchased already shelled and dried	3.23

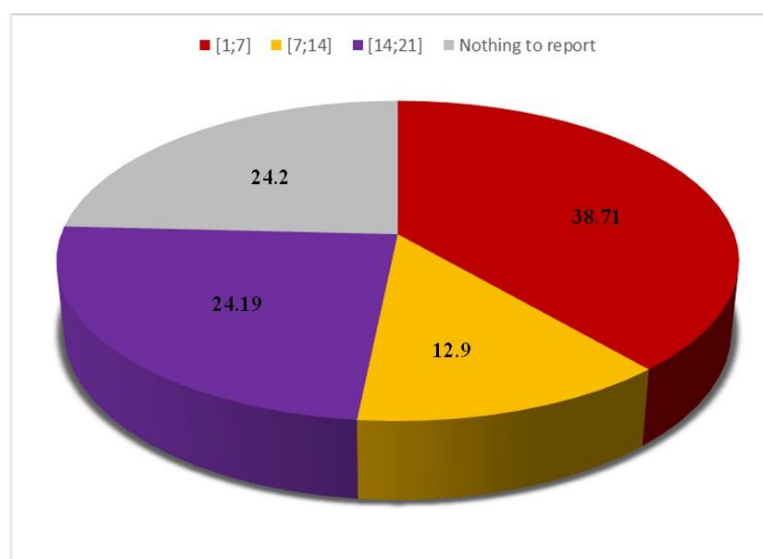


Fig. 2. Distribution of respondents' answers on the drying duration of *S. macrostachya* pods prior to storage

Fig. 2 shows the average interval between harvest and pod drying ranged *S. macrostachya* seeds.

3.3 SEED STORAGE STRUCTURES FOR *SENEGALIA MACROSTACHYA*

Figure 3 illustrates the various types of seed storage structures used, along with their respective frequencies of use. The majority of respondents (87.90%) reported storing seeds in polypropylene bags line with plastic. Other commonly used storage structures included 20 litre plastic drums (52.42%), earthenware jars (24.19%), and traditional granaries (20.16%).

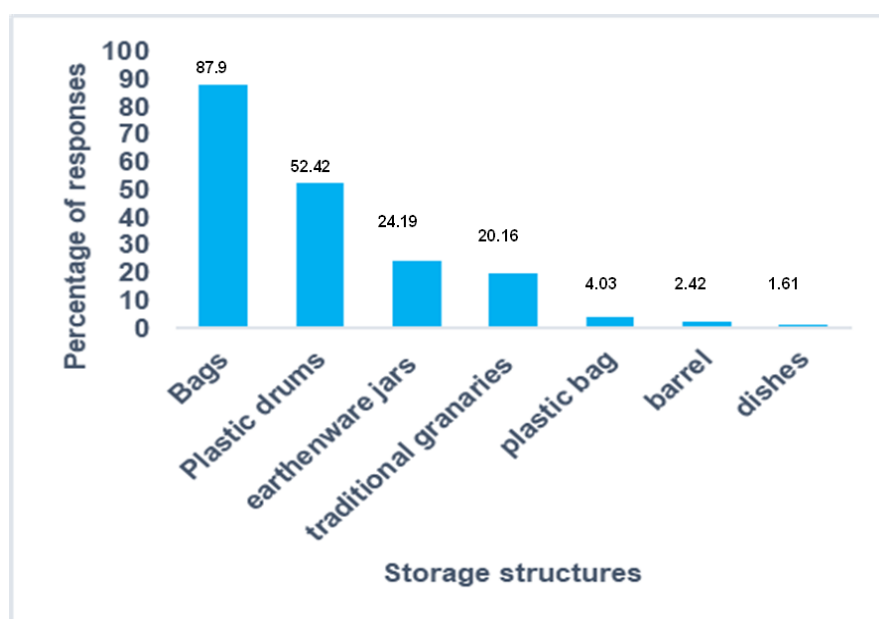


Fig. 3. Distribution of respondents' answers on *S. macrostachya* seed storage structures

Fig. 3 shows the various types of seed storage structures used.

3.4 NATURE OF THE POST-HARVEST DAMAGE TO *S. MACROSTACHYA* SEEDS

According to stakeholders in the sector, various types of damage occur are after harvest, both during and after storage. The most frequently reported form of damage was perforation seeds (97.58%), followed by insect infestation and the presence of

frass or meal residues (40.32%). Broken seeds and loss of germination were also reported accounting for 33.87% and 20.16% of cases, respectively, while damage due to seed was less frequent 8.06% (Table 3). Furthermore, the vast majority of respondents (99.19%), identified insects as the primary cause of damage to *Senegalia macrostachya* seeds, followed by moulds (21.77%) and rodents, particularly mice (20.16%) (Figure4).

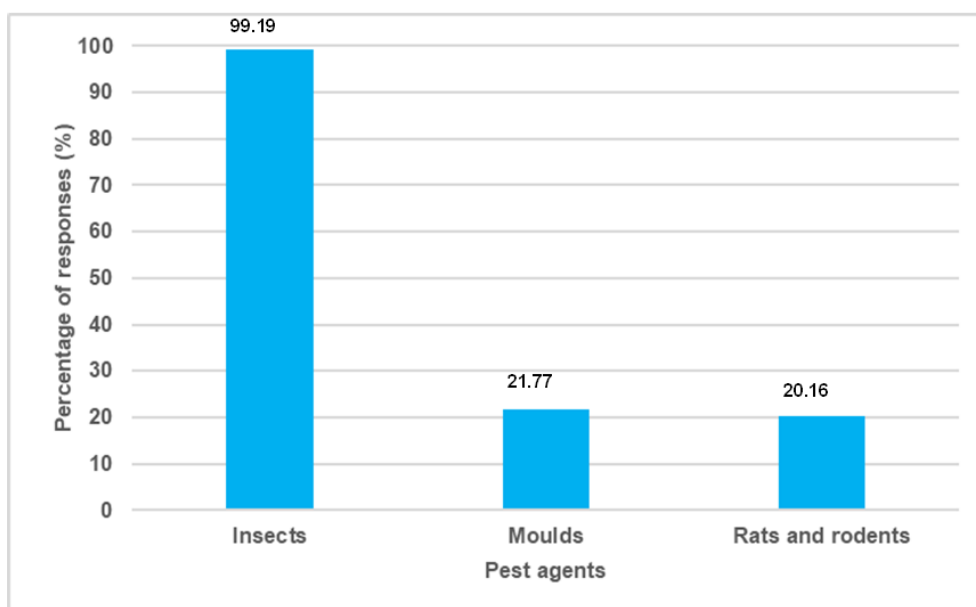


Fig. 4. Respondents' answers on the main causes of damage to *S. macrostachya* seed stocks

Fig. 4 shows the various cause of damage to *Senegalia macrostachya* seeds.

Tableau 3. Respondents' perception of the nature of damage caused by storage pests

Nature of damage	Proportion of answers (%)
Seeds perforation	97.58
Insect infestation	40.32
Broken or damaged seeds	33.87
Loss of germination capacity	20.16
Seeds rot	8.06
Other	0.81

3.5 METHODS OF PROTECTION AND DESTINATION OF STOCKS OF *S. MACROSTACHYA* SEEDS

The results of this study reveal that both traditional (e.g., precooking with heat, hermetic storage, use of mineral substances, especially ash) and modern (chemical treatments) methods are employed to preserve *S. macrostachya* seeds (Figure 5). According to the respondents, the most frequently used preservation technique is heat precooking, cited by (90.32%) of them. The second most commonly employed is hermetic method (30.65%). This technique involves placing the seeds in 20 litre plastic drums and packing tightly to reduce intergranular air, thereby limiting pest infestation and moisture accumulation. Other methods mentioned, in decreasing order of frequency, include the use of mineral substances (21.77%), mainly wood ash, and the use of plant-base substances (20.16%) particularly neem oil. The former consists of sprinkling ash directly onto the seeds, while the latter involves mixing the seeds with neem oil prior to storage in plastic drums or metal barrel. The least utilized method is chemical treatments (1.61%), primarily with phostoxin. It is typically applied in tablet form, wrapped with cloth, and placed within the seed containers during the storage. The motivations for storing *S. macrostachya* seeds vary among respondents. The majority (67.74%) reported storing seeds primarily for later sale to meet specific financial needs. Others indicated that they store seeds to sell when market prices rise (46.77%), for year-round household consumption (41.13%) or for ceremonial purposes such as weddings, engagements, baptisms, and funerals (30.65%) (Table 4). A small

proportion (3.23%) reported storing seeds specifically for consumption during the lean season. Therefore, the study revealed that the market price of *S. macrostachya* seeds fluctuated significantly depending on the time of year ($W = 0.8592$, $p\text{-value} = 1.693\text{e-}09$). On average, the price of a tomato can (2 kg) rose from 1167.742 FCFA during the harvest period (December) to 1722.177 FCFA in August, coinciding with the lean season, with a peak price recorded at 2500 FCFA (Figure 6).

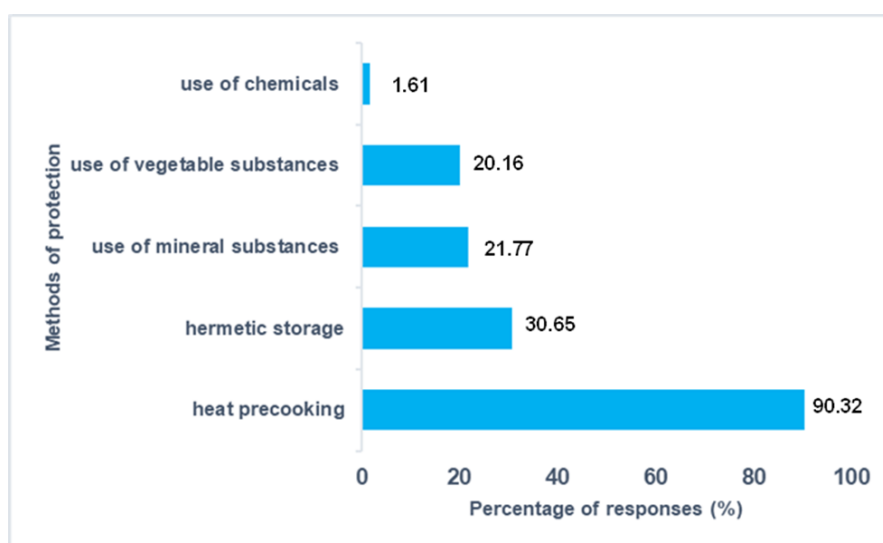


Fig. 5. Respondents' answers on methods of protection of *S. macrostachya* seeds

Fig. 5 illustrates the various protection methods used.

Tableau 4. Respondents' uses of Seeds after storage

Purpose of seed storage	Percentage %
sell to satisfy specific needs	67.74
Marketing when selling prices rise	46.77
Year-round consumption	41.13
Use during ceremonies	30.65
Consumption during the lean season	3.23

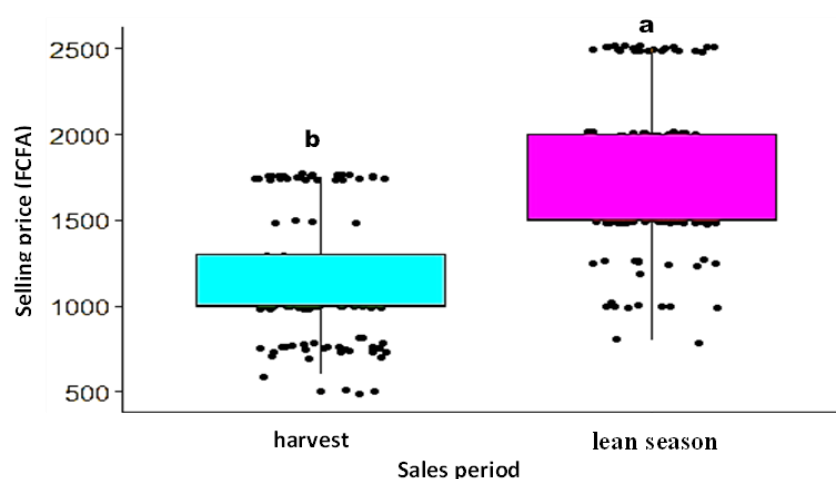


Fig. 6. Average price by sales period

Fig. 6 shows the market price of *S. macrostachya* seeds over time.

4 DISCUSSION

The results of this study provided valuable insights into the collection methods and storage conditions of *Senegalia macrostachya* seeds in the Boucle du Mouhoun province. These results revealed that women were the most involved in the *zamné* value chain, which explains their high representation among respondents (95.97%). Most farmers (55.65% of respondents) reported shelling the pods immediately after harvest and storing the seeds without any additional drying. According to the collectors, the seeds should be left to dry properly on the tree to reduce moisture content, thereby preserving their nutritional value and germination capacity. This aligns with findings by [20], who noted that pods drying aims to retain nutritional value and germinative potential, while protecting from bacteria and fungi by reducing moisture levels. Shelling is typically done manually using sticks or by hand, primarily to eliminate impurities and potential insect infestations. A significant proportion of respondents (87.90%) preferred to store seeds in 50 or 100 kg polypropylene bags. These results are consistent with those of [15], who reported that 52.13% of participants also favored 50 kg polypropylene bags for *S. macrostachya* seed storage. Similarly, a study by [18] in central Benin also showed that 59.17% of respondents stored legume seeds in jute bags ranging from 50 and 100 kg, citing ease of monitoring and accessibility as major advantages. Other storage container such as 20-liter plastic drums and terracotta pots are commonly used for small quantities of *S. macrostachya* seeds, particularly when avoiding mixing with other food items. In cases of mixed storage, some respondents used banco granaries or barrels, which enable co-storage of *S. macrostachya* seeds with other products, especially groundnuts. Similar practices were observed by [15]. However, this type of mixed storage may facilitate pest transfer between products [21], [22]. Insects are frequently cited as the primary cause of damage to *S. macrostachya* seeds, typically infested through seeds perforation. Post-harvest losses caused by insect pests are both quantitative (e.g., weight loss) and qualitative (e.g., reduced nutritional value and germination rate) [23]. According to [15], insect infestations are the leading cause of degradation of *S. macrostachya* seeds in the Boulekiemdé province. Similar infestations have also been reported for cowpea and *voandzou* in the Hauts Bassins region [24], and for cereal stocks in the southern Sudanese zone of Burkina Faso [25]. Further, reference [15] noted that *S. macrostachya* seeds are often infested while still in the field, even before harvest and storage. Such early infestations have also been documented in order Acacia species, including *Acacia raddiana* in Senegal [26] and *Acacia tortilis* in Tunisia [27]. These primary infestations typically persist during storage and, according to 69.35% of respondents, can result in damage within less than a month sometimes even a week. To mitigate these losses, the most commonly used protection method was thermal pre-cooking. This process eliminates visible adult insects at harvest and destroys larvae, halting their development. In [15] 's study in Boulekiemdé, respondents similarly relied on heat pre-cooking. Additional protective methods mentioned by respondents included hermetic storage, botanical extracts, and the use of ash. [28] highlighted that ash, like other mineral substances, acts as a physical barrier that impedes females oviposition by filling the spaces between seeds. Hermetic storage works by inducing anoxia, which kills adult insects and larvae [29]. Some respondents also reported using botanical insecticides particularly neem oil, to control pests in *S. macrostachya* stocks. These preservation methods reportedly allow for safe seed storage over period ranging from 12 to 36 months. However, traditional methods such as hermetic storage in cans, thermal pre-cooking, and ash application are often challenging to scale up for large quantities [29]. *S. macrostachya* seeds are preserved for various purposes. While many producers store them for commercial reasons often selling in local market during the lean season in August when prices peak, others preserve them for household consumption. At harvest time in December, seeds prices are relatively low. As [15] indicated, the average selling price of *S. macrostachya* seeds was low 1260 FCFA per 2.45 kg, in December and increased to 1800 FCFA during the August lean season. These seeds are also prepared for special occasions such as weddings, baptisms, and engagement, and are consumed regularly throughout the year prior to the next harvest. Given their nutritional and economical, improving post-harvest managementn could position the *zamné* sector as a promising avenue in the fight against poverty.

5 CONCLUSION

In summary, after harvest, *S. macrostachya* pods are threshed and sifted before being stored in various containers, with polypropylene bags being the most commonly bags due to their praticality. Storage aims to multiple purposes, primarily income generation through seed sales. According to the collectors interviewed, insect pests are the main cause of post-harvest seed losses. The most widely adoptive protective measure is thermal pre-cooking. To ensure optimal benefits from *S. macrostachya* seeds, it is crucial to implement effective pest management strategies. Addressing this challenge requires a comprehensive understanding of the insects species responsible for the observed damage.

ACKNOWLEDGMENT

Thanks to Mr. Justin GNANOU for his assistance in data collection.

REFERENCES

- [1] S. Shackleton, C. Shackleton, and P. Shanley, Eds., *Non-Timber Forest Products in the Global Context*, vol. 7. in Tropical Forestry, vol. 7. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011. doi: 10.1007/978-3-642-17983-9.
- [2] T. Sunderland *et al.*, «Food security and nutrition: The role of forests,» *Cent. Int. For. Res. CIFOR Bogor Indones.*, 2013, [Online]. Available: Retrieved from <https://www.cifor.org/library/4103/>.
- [3] M. Mulawarman, J. Roshetko, S. Sasongko, and D. Iriantono, Eds., *Tree seed management: seed sources, seed collection and seed handling: a field manual for field workers and farmers*. in TFRI extension series, no. 152. Morrilton, Ark: Winrock International, 2003.
- [4] J.-M. Boffa, *Agroforestry parklands in sub-Saharan Africa*, no. 34. Food & Agriculture Org., 1999.
- [5] A. Savadogo, I. A. Jules, and A. S. Traoré, «Nutritional potentials of *Acacia macrostachya* (Reichend) ex Dc seeds of Burkina Faso: determination of chemical composition and functional properties,» *J. Appl. Sci. Res.*, no. No.July, pp. 1057–1062, 2011, [Online]. Available: <http://www.aensonline.com/jasr/jasr/2011/1057-1062.pdf>
- [6] B. M. I. Nacoulma, «Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans les soins de santé primaires au Burkina Faso,» Thèse de Doctorat Unique, Université de Ouagadougou.
- [7] F. Hama-Ba, M. Siedogo, M. Ouedraogo, A. Dao, H. Dicko, and B. Diawara, «Modalites de consommation et valeur nutritionnelle des légumineuses alimentaires au Burkina Faso,» *Afr. J. Food Agric. Nutr. Dev.*, vol. 17, no. 04, pp. 12871–12888, Nov. 2017, doi: 10.18697/ajfand.80.17315.
- [8] M. Yamkoulga, A. Waongo, L. Sawadogo, and A. Sanon, «Gestion post-récolte des graines d'*Acacia macrostachya* Reichenb. ex DC. dans la province du Boulkiemde au Burkina Faso: diagnostic participatif en milieu paysan,» *J. Appl. Biosci.*, vol. 130, no. 1, pp. 13148–13161, 2018, doi: 10.4314/jab. v130i1.3.
- [9] P. Msika, A. Saunio, S. Leclerc-Bienfait, and C. Baudoin, «Extrait de graines d'*Acacia macrostachya* et compositions le comprenant,» *Eur. Pat. Off.*, pp. 1–29, 2017.
- [10] J. Millogo-Rasolodimby and S. Guinko, «Les plantes ligneuses spontanées à usages culinaires au Burkina Faso,» *Berichte Sonderforschungsbereiche*, vol. 268, p. 7, 1996.
- [11] M. Yamkoulga *et al.*, «Insect pests of stocks of *Acacia macrostachya* Reichenb and associated parasitoids in the province of Boulkiemde, central-western region of Burkina Faso,» *Int. J. Trop. Insect Sci.*, vol. 41, no. 4, pp. 2501–2510, Dec. 2021, doi: 10.1007/s42690-021-00429-3.
- [12] S. Ganaba, «Le zamnè, un mets très apprécié,» *Eurêka*, no. 20, pp. 10–11, 1997.
- [13] K. Hell, K. F. Cardwell, M. Setamou, and H.-M. Poehling, «The influence of storage practices on aflatoxin contamination in maize in four agroecological zones of Benin, west Africa,» *J. Stored Prod. Res.*, vol. 36, no. 4, pp. 365–382, 2000, doi: 10.1016/S0022-474X(99)00056-9.
- [14] H. Affognon, C. Mutungi, P. Sanginga, and C. Borgemeister, «Unpacking Postharvest Losses in Sub-Saharan Africa: A Meta-Analysis,» *World Dev.*, vol. 66, pp. 49–68, Feb. 2015, doi: 10.1016/j.worlddev.2014.08.002.
- [15] M. Yamkoulga, «Entomofaune et gestion post-récolte des graines d'*Acacia macrostachya* Reichenb. Ex dc. dans la province du Boulkiemde au Burkina Faso,» Thèse de Doctorat Unique, Université Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso, 2019.
- [16] ISND, «Annuaire statistique,» p. 453, 2008.
- [17] INSD, «Annuaire statistique,» p. 365, 2019.
- [18] D. Chougourou and T. Alavo, «Systèmes de stockage et méthodes endogènes de lutte contre les insectes ravageurs des légumineuses à grains entreposées au Centre Bénin,» *Revue CAMES-Série A*, vol. 12, no. 02, pp. 137–141, 2011.
- [19] P. Dagnelie, *Inférence statistique à une et à deux dimensions*. De Boeck et Larcier, 2006.
- [20] P. Scheepens, R. Hoevers, F. X. Arulappan, and G. Pesch, «Le stockage des produits agricoles,» *Ser. Agrodok*, p. 83, 2011.
- [21] F. Sankara, L. C. B. Dabiré, S. Dugravot, A. M. Cortesero, and A. Sanon, «Evolution of host acceptability and suitability in *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) developing on an occasional host: importance for pest status prediction,» *Int. J. Trop. Insect Sci.*, vol. 30, no. 1, pp. 11–18, Mar. 2010, doi: 10.1017/S1742758409990397.
- [22] F. Sankara, «Étude des conditions de transfert de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae, Bruchidae) et de son parasitoïde *Dinarmus basalis* Rond. (Hymenoptera: Pteromalidae) sur des complexes d'hôtes secondaires,» Thèse de doctorat unique, Université de Ouagadougou.
- [23] J.-P. Monge and J. Huignard, «Biologie des hyménoptères parasitoïdes des larves et des nymphes de Bruchinae,» in *Insectes ravageurs des graines de légumineuses: Biologie des bruchinae et lutte raisonnée en Afrique*, in Update Sciences & technologies., Versailles: Éditions Quae, 2011.

- [24] F. Sankara, Z. Gondé, A. G. Sanou, and I. Somda, «Diagnostic participatif des pratiques paysannes post-récolte et des contraintes de stockage de deux légumineuses cultivées dans la région des Hauts-Bassins du Burkina: cas du niébé, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. et du voandzou (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.,» *Int. J. Innov. Appl. Stud.*, vol. 16, no. 3, pp. 646–656, 2016.
- [25] A. Waongo, M. Yamkoulga, C. Dabire-Binso, M. Ba, and A. Sanon, «Conservation post-récolte des céréales en zone soudanienne du Burkina Faso: Perception paysanne et évaluation des stocks,» *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 7, no. 3, p. 1157, Oct. 2013, doi: 10.4314/ijbcs. v7i3.22.
- [26] A. Delobel, M. Sembène, G. Fédière, and D. Roguet, «Identity of the groundnut and tamarind seed-beetles (Coleoptera: Bruchidae: Pachymerinae), with the restoration of *Caryedon gonagra* (F.),» *Ann. Société Entomol. Fr. NS*, vol. 39, no. 3, pp. 197–206, 2003, doi: 10.1080/00379271.2003.10697375.
- [27] M. Mejri, M. L. B. Jamâa, and M. Grami, *Les bruches ravageurs de l'Acacia tortilis en Tunisie: Infestation et méthodes de lutte*. Éditions universitaires européennes, 2015.
- [28] P. Cissokho, M. Gueye, E. Sow, and K. Diarra, «Substances inertes et plantes à effet insecticide utilisées dans la lutte contre les insectes ravageurs des céréales et légumineuses au Sénégal et en Afrique de l'Ouest,» *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 9, no. 3, pp. 1644–1653, Sep. 2015, doi: 10.4314/ijbcs. v9i3.43.
- [29] J. Huignard, I. Glitho, J.-P. Monge, and C. Régnauld-Roger, *Biologie des hyménoptères parasitoïdes des larves et des nymphes de Bruchinae*. in *Insectes ravageurs des graines de légumineuses : Biologie des Bruchidae et lutte raisonnée et Afrique*. éditions Quae, 2011. doi: 10.35690/978-2-7592-1656-7.

