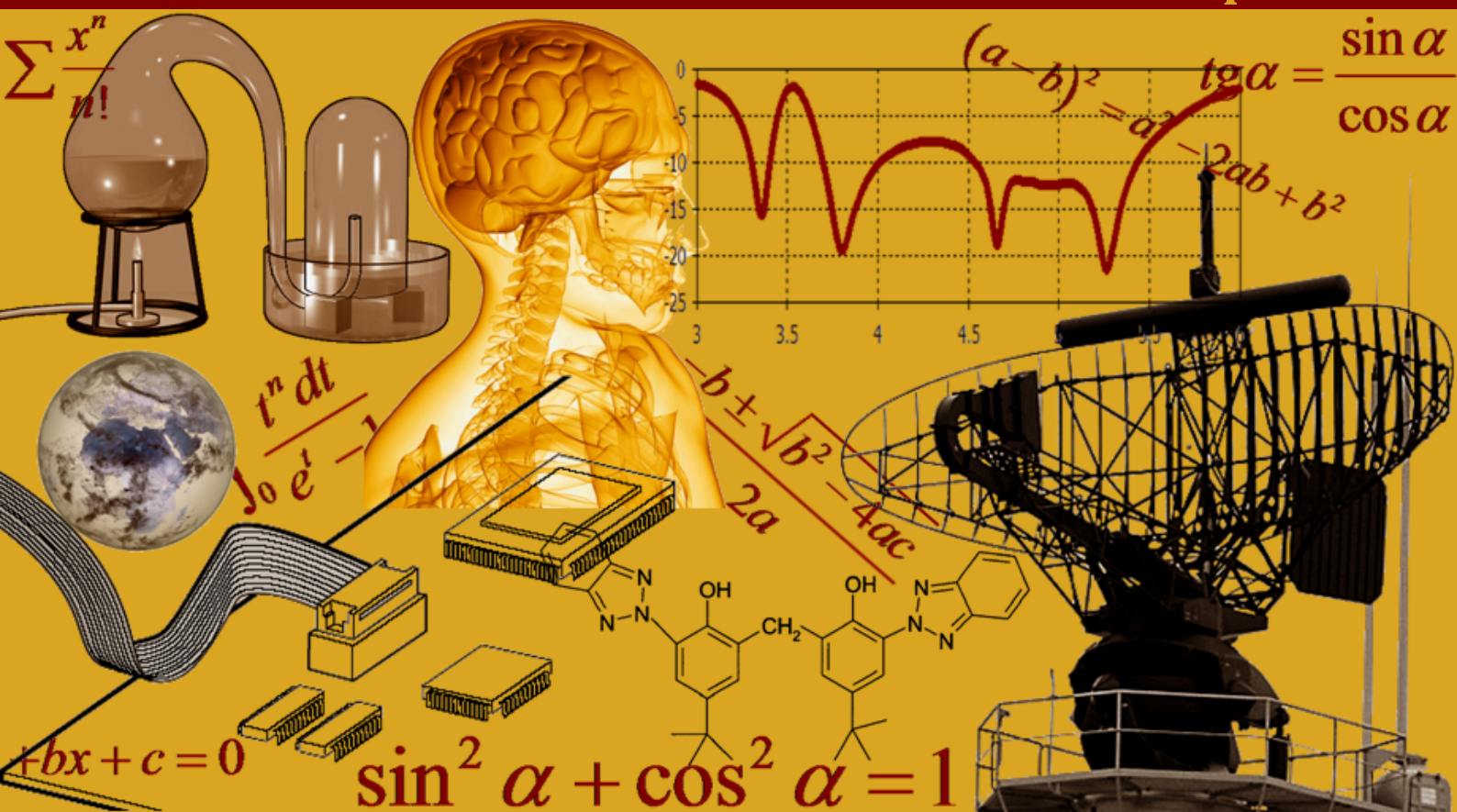


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 78 N. 1 April 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 Raisoni 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

Rubber tree Reken 628 single-stem bud stick leaf-clipped treatment improves seedling axillary bud quality <i>Zhennan Cha, Jinglan Ruan, Xiyang Jiang, Xuedan Gong, Xianhong Chen, and Jun Wang</i>	1-13
Essor de l'anacarde et sécurité alimentaire dans le département d'Odienné: Défis et perspectives <i>Koné Ferdinand N'Gomory, Kouamé Frederic N'Dri, and Dhédé Paul Éric Kouame</i>	14-29
Evaluation de l'impact de l'intégration de la biomasse de <i>Chromolaena odorata</i> sur le rendement du maïs dans les sols de la région de Daloa, centre-ouest de la Côte d'Ivoire <i>Konan Kouamé Firmin, Roger BAYALA, Tokpa Lisette Zeh, Kouadio Koffi Hypolith, and Sidiky BAKAYOKO</i>	30-36
Conservation et pratiques locales dans la gestion des ressources forestières aux alentours du Mont Bero <i>Jean Pierre Mathieu Lamah, Koffi Guy AMOATTA, and Silvestre Kouamé Kouassi</i>	37-47
Vers une amélioration de processus enseignement apprentissage des sciences de la vie et de la terre: Analyse de la pratique de classe scientifique et remédiation depuis une plate-forme de simulation <i>Aziz Bidari, Mourad Madrane, Rajae Zerhane, Rachid Janati-Idrissi, and Imane Isarghine</i>	48-63
Physico-chemistry of urban wet weather discharges in the Riviera Palmeraie catchment, Abidjan (Ivory Coast) <i>Aissatou Ghislaine KONE, Jean Louis PERRIN, Kandana Marthe Yéo, Jean Thierry Koffi KOFFI, Serge Éhouman Koffi, Eric Zahiri, and Lanciné Droh GONE</i>	64-77
Conception et mise en place d'une application d'identification des prévenus par empreinte digitale: Cas de processus judiciaire en RDC <i>Kondatata Mbambu Jordan, Mansinsa Matuetimona Bergelin, Katana Vinny Benjamin, and Meni Babakidi Narcisse</i>	78-88
Expérience des parents sur l'encadrement des enfants avec le bégaiement dans la Commune de Makiso à Kisangani <i>Kambale Amani Etienne, Anzasiloko Tabo Chantal, UCIRCAN BULE Chrisante, and MIMILYABO SEZABO Pascal</i>	89-93
Impacts environnemental et socio-économique de l'exploitation des Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) et ligneux au Centre-Sud Cameroun: Cas de <i>Baillonella toxisperma</i> pierre et <i>Ricinodendron heudoletii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel <i>Nijke Merlin and Mbassi Josiane</i>	94-111
Détermination des lois de distribution des éléments structuraux des évacuateurs de crue par la méthode d'indice de condition <i>Guy-de-Patience FTATSI MBETMI, François Juvenaul TAMO CHEKAM, Frédéric DUPRAT, and GUY EDGARD NTAMACK</i>	112-124

Rubber tree Reken 628 single-stem bud stick leaf-clipped treatment improves seedling axillary bud quality

Zhennan Cha^{1,2}, Jinglan Ruan^{1,2}, Xiyang Jiang^{1,2}, Xuedan Gong^{1,2}, Xianhong Chen¹, and Jun Wang¹

¹Rubber Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Danzhou, Hainan, China

²College of Tropical Crops, Yunnan Agricultural University, Pu'er, Yunnan, China

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 selection and quality of rubber tree bud patches is a critical factor influencing the survival rate of bud grafting in rubber tree mini-seedling buddings. Currently, the selection process relies heavily on the individual experiences of budding workers, who choose the bud sticks and cut the patches based on personal judgment. This method necessitates sorting and shipping the mini-seedling buddings in batches prior to their departure from the nursery, which in turn elevates labor costs. In this study, we trimmed the leaves from the petiole buds on the bud sticks of the rubber tree variety Reken 628. Following the detachment of the petioles and the transition of leaf scars from green to brown, we proceeded to cut the bud sticks. Both the scale buds and petiole bud patches were excised, and the various types of leaves were documented accordingly. We measured the quantity of each bud type present in the canopy and collected growth data, including the moisture content of the buds, as well as the length, width, and thickness of the bud scars, in addition to the length and width of the bud eyes. Our findings indicate that the size of the bud scar is not a reliable indicator of bud eye size. Notably, the quality of leaf-clipped buds surpasses that of those with retained leaves, with the buds from the third leaf whorl exhibiting the highest quality when subjected to leaf clipping. It is essential to increase the watering frequency to ensure that the leaf-clipped bud sticks maintain adequate moisture, which facilitates the cutting of bud patches and the removal of bud wood. This practice helps preserve the integrity of the bud eye post-peeling, ultimately enhancing the survival rate of bud grafting.

KEYWORDS: *Hevea brasiliensis*, single stem type, leaf clipped, axillary bud, quality.

1 INTRODUCTION

Several studies have assessed the safety of natural rubber in China, taking into account factors such as output fluctuations, demand fluctuations, price fluctuations, inventory security, self-sufficiency rate, import dependence, output-consumption growth rate, and consumption elasticity coefficient. These evaluations estimate that the average safety composite index over the past 24 years is merely 0.3363, indicating a high-risk status overall [1]. Natural rubber is a crucial agricultural product and strategic material for China. As a resource-constrained industry, it plays a significant role in ensuring the nation's strategic security and revitalizing rural areas in tropical regions. Rubber tree seedlings serve as the foundation for the sustainable development of the natural rubber industry, which has a production cycle of up to 30 years. The scientific and rational cultivation of these seedlings is a fundamental technological challenge for the high-quality advancement of the natural rubber sector. The quality of seedlings directly influences the growth of rubber trees and is closely linked to the natural enhancement of efficiency within the rubber industry.

Natural rubber prices fluctuate sharply and often remain depressed for extended periods. The comparative benefits of rubber production are diminishing, compounded by intermittent natural disasters that lead to reduced rubber latex production, decreased income for rubber farmers, and instability within the natural rubber industry. Addressing the urgent challenge of sustainably and efficiently enhancing the productivity of rubber planting in China, while simultaneously increasing

the income of rubber farmers, has been a persistent issue affecting the development of the country's rubber planting sector for many years.

The paired row planting system in rubber plantations has been shown to significantly boost both output and income. The Reken 628 rubber tree variety is particularly well-suited for this planting system, offering advantages such as rapid growth, high yield, strong disease resistance, a compact crown width, and an expansive intercropped area. This variety was independently developed by the Rubber Institute of the Chinese Academy of Thermal Sciences and is one of the primary varieties promoted by the Ministry of Agriculture and Rural Affairs during the 14th Five-Year Plan [2]. Implementing intercropping practices beneath rubber orchards can enhance land resource utilization through the cultivation of secondary crops, thereby promoting the diversification of rubber orchard production and increasing its output value [3-4]. Renewing rubber plantations is essential for the promotion and application of new varieties and technologies, representing a critical strategy for achieving the sustainable development of the industry. This approach can significantly improve the yield per unit area and enhance land use efficiency for rubber trees [5].

In 2024, Hainan was struck by a severe typhoon, resulting in significant damage and mortality among rubber trees. This has created an urgent need to rapidly cultivate a large number of rubber seedlings to facilitate the renewal of rubber gardens. The process of mini-seedling budding for rubber trees is characterized by a short nursery cycle, low labor intensity, a high yield of seedlings per unit area, and ease of transportation and planting. Additionally, the plants exhibit a well-developed taproot, a complete root system, a high post-planting survival rate, rapid growth, and robust resistance to drought, wind, and cold, along with early opening and cutting capabilities [6,7]. Sun Xiaolong *et al.* [6] investigated the effects of various leaf whorls and bud patches on the quality of mini-seedling budding, finding that mini-seedlings produced from the 3rd petiole buds and scale buds exhibited significantly superior growth compared to other treatments and the control group of random buds. Similarly, Zhou Jun *et al.* [8] and Chen Jian *et al.* [9] examined different buds across various leaf whorls and concluded that the bud patches on different leaf whorls significantly influence the budding survival rate. However, these studies did not analyze the quality of axillary buds prior to budding, which is a critical factor affecting the success of rubber seedling budding. Practical production experience has demonstrated that leaf clipping of bud sticks in rubber trees enhances the efficiency of seedling budding operations and increases the survival rate of bud grafting. In contrast, leaf clipping in other forest trees has been shown to exert certain negative effects on the plants [10-11]. Consequently, there is a notable lack of systematic research regarding the impact of leaf clipping on the quality of axillary buds in budding sticks of rubber tree seedlings. This study compares the differences in various growth indicators of axillary buds on bud sticks under two treatments: leaf reserved and leaf clipped, and analyzes the correlation between them and the quality of axillary buds to further understand the effect of leaf clipping treatment on the propagation process of rubber tree mini-seedling and bud sticks. This will provide a theoretical reference for improving the quality of rubber tree seedlings and promoting the sustainable development of China's natural rubber industry.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 EXPERIMENTAL SITE

The experimental site is situated within the seedling cultivation base in Danzhou City, Hainan Province (109°29'37", 19°30'9", altitude: 116.9 m). Rubber tree Reken 628 bud sticks were planted in December 2023. We initially observed the growth of leaf whorls of the rubber tree Reken 628 bud sticks at each phenological stage [12-13]. A transparent ruler was employed to measure leaf length and width, while a chlorophyll meter (Jinkelida TYS-4N) was utilized to assess chlorophyll content, nitrogen content, and leaf surface characteristics. Humidity, leaf surface temperature, plant height was measured using a tape measure, and stem diameter was recorded with a vernier caliper. Once the top leaves stabilized, we removed the leaves on the petiole buds of the 2nd, 3rd, and 4th leaf whorls, excluding the close-node buds. After the leaf scars transitioned from green to brown, we excised the single-stem type leaves and single-stem leaves accordingly. Finally, we cut off the stems, leaves, petiole buds, and scale buds associated with the 2nd to 4th leaf whorls.

2.2 MORPHOLOGY OBSERVATION

The removed leaves, petiole buds, scale buds, and stems were classified based on the position of the leaf whorl. Their fresh weights were recorded using an electronic balance (0.01 g), while the length and width of the leaves were measured with a ruler (1 mm). A vernier caliper (0.01 mm) was employed to measure the bud scar length, bud scar width, bud scar thickness, bud eye length, bud eye width, and stem diameter. Additionally, a tape measure (1 mm) was utilized to determine the stem length. The fresh weights of the leaves, petiole buds, scale buds, and stems, classified according to their leaf whorl position,

were measured with an electronic balance, then dried in a 65°C oven (Shanghai Yiheng DHG-9620A) until a constant weight was achieved. Subsequently, the dry weight was recorded to calculate the moisture content.

2.3 DATA PROCESSING AND ANALYSIS

The experimental data were analyzed using the Data Processing System (DPS) statistical software package, version 20.05. Statistical analyses included Student's t-test and one-way ANOVA, followed by Duncan's Multiple Range Test (SSR) to evaluate significant differences among various treatments at $P < 0.05$. Additionally, the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) was employed for comprehensive analysis. GraphPad Prism version 8.3.0 was utilized for graphical representation, while correlation analyses were performed on the free Tutools Platform (<http://www.cloudtutu.com>). All data are presented as mean $\pm$ SD.

3 RESULT AND DISCUSSION

3.1 PLANT GROWTH

3.1.1 SINGLE STEM TYPE LEAF RESERVED 2ND, 3RD, 4TH LEAF WHORL

In the single-stem type leaf reserved Reken 628 bud stick plants, the average plant height (Fig. 1A), leaf length (Fig. 1C), leaf width (Fig. 1D), leaf moisture content (Fig. 1F), and stem moisture content (Fig. 1E) in the 2nd leaf whorl were significantly higher than those in the 3rd leaf whorl by 13.84% ($P < 0.05$), 9.88% ($P < 0.05$), 11.85% ($P < 0.05$), 12.82% ($P < 0.05$), 5.97% ($P < 0.05$), respectively. Additionally, these metrics were also greater than those in the 4th leaf whorl by 6.45% ($P < 0.05$), 5.33% ($P < 0.05$), 13.81% ($P < 0.05$), 10.87% ($P < 0.05$), and 8.32% ($P < 0.05$), respectively.

The average stem diameter (Fig. 1B) of the 2nd leaf whorl is significantly greater than that of the 3rd and 4th leaf whorl by 13.13% ($P < 0.05$), and 25.64% ($P < 0.05$) respectively. Furthermore, the average stem diameter of the 3rd leaf whorl was significantly smaller than that of the 4th leaf whorl by 11.05% ($P < 0.05$). The average stem moisture content of the 2nd leaf whorl was also significantly higher than that of the 3rd and 4th leaf whorl by 6.45% ($P < 0.05$), and 8.32% ($P < 0.05$) respectively.

The average scale buds (Fig. 1H) in the 2nd and 3rd leaf whorl of the single-stem type leaf reserved bud-sticks were significantly higher than those in the 4th leaf whorl by 40.00% ($P < 0.05$) and 35.71% ($P < 0.05$), respectively. Other parameters did not show significant differences.

From the 2nd leaf whorl to the 4th leaf whorl, leaf moisture content, stem moisture content, and plant height demonstrated a gradually decreasing trend, whereas the stem diameter exhibited a gradually increasing trend, indicating that the upper part of the plant is relatively slender in shape, but has relatively less moisture content.

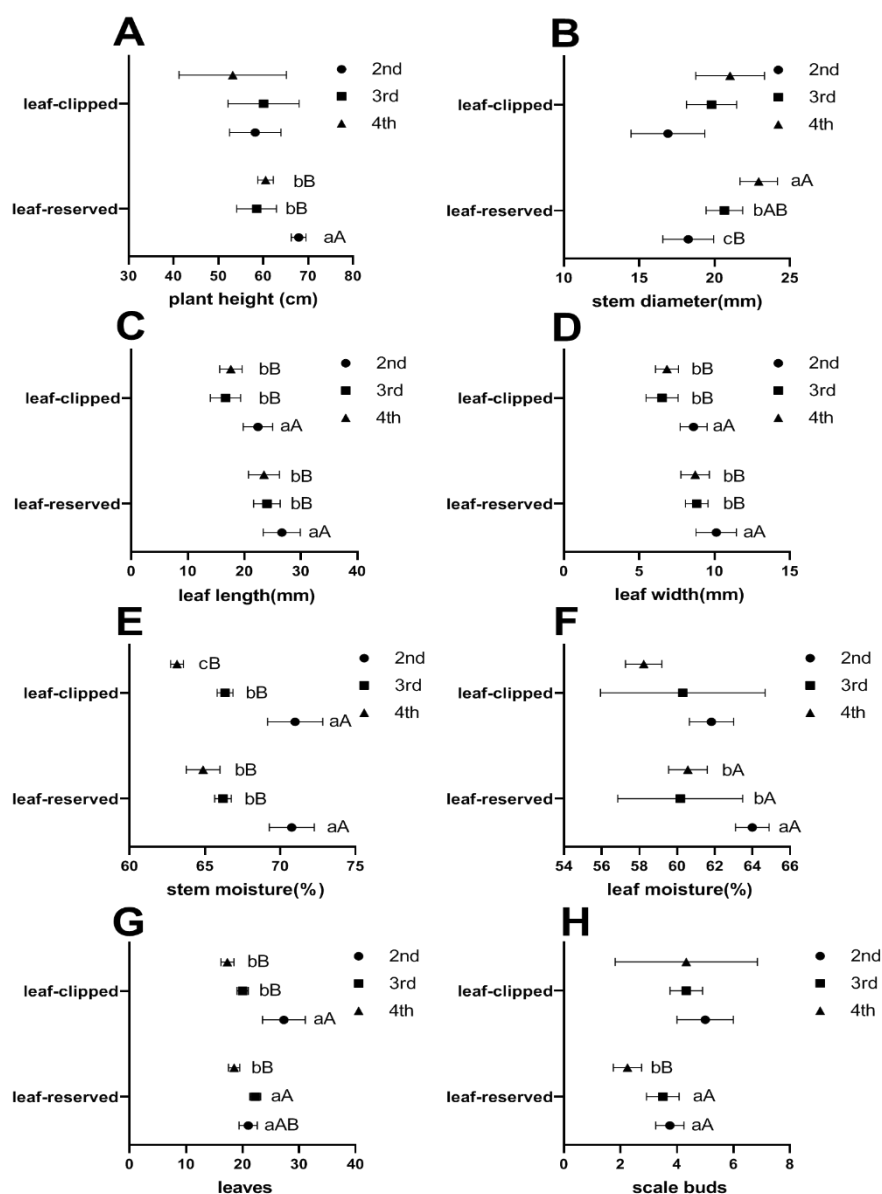


Fig. 1. Comparison of plant height, stem diameter, leaf length, leaf width, stem moisture, leaf moisture, leaves and scale buds

3.1.2 SINGLE STEM TYPE LEAF CLIPPED LEAVES 2ND, 3RD, 4TH LEAF WHORL

In the single-stem type leaf clipped Reken 628 bud stick plants, the average leaf length (Fig. 1C), leaf width (Fig. 1D), stem moisture content (Fig. 1E), and number of leaves (Fig. 1G) in the 2nd leaf whorl were significantly greater than those in the 3rd leaf whorl with increases of 25.61% ($P < 0.05$), 21.41% ($P < 0.05$), 20.49% ($P < 0.05$), 24.30% ($P < 0.05$), respectively. Similarly, these measurements were significantly larger than those of the 4th leaf whorl, showing increases of 39.29% ($P < 0.05$), 50.00% ($P < 0.05$), 6.56% ($P < 0.05$), and 11.05% ($P < 0.05$), respectively. Additionally, the average stem moisture content of the 3rd leaf whorl was significantly higher than that of the 4th leaf whorl by 4.81% ($P < 0.05$). Notably, the number of leaves in the lower part of the plant decreases relative to the upper part, and the moisture content of the stem exhibits a gradually decreasing trend.

3.1.3 SINGLE STEM TYPE LEAF RESERVED AND LEAF CLIPPED 2ND, 3RD, 4TH LEAF WHORL

The average plant height (Fig. 2A), leaf length (Fig. 2C), leaf width (Fig. 2D), and leaf moisture content (Fig. 2F) of the single-stem type 2nd leaf whorl of leaf reserved are significantly higher than that 2nd leaf whorl of leaf clipped by 14.25% ($P < 0.05$), 15.80% ($P < 0.05$), 14.85% ($P < 0.05$), 3.38% ($P < 0.05$). The average leaves (Fig. 2B), leaf length and leaf width of the 3rd leaf whorl with leaf reserved are significantly higher than those of the 3rd leaf whorl with the leaf clipped by 10.11% ($P < 0.05$), 30.50% ($P < 0.05$), 26.05% ($P < 0.05$), respectively. The average leaf length, leaf width, leaf moisture content, stem moisture content (Fig. 2E), petiole bud moisture content (Fig. 2G) of 4th leaf whorl is significantly higher than that of leaf clipped by 24.94% ($P < 0.05$), 21.42% ($P < 0.05$), 3.88% ($P < 0.05$), 1.90% ($P < 0.05$), 2.78% ($P < 0.05$).

The leaf length, leaf width, leaf moisture content, plant height, and moisture content of stems and petiole buds in some locations under the leaf reserved treatment tended to be higher than those under the leaf clipped treatment, indicating that retaining leaves is important for maintaining normal growth of plant leaves and higher moisture content and plant growth vigor have a positive effect.

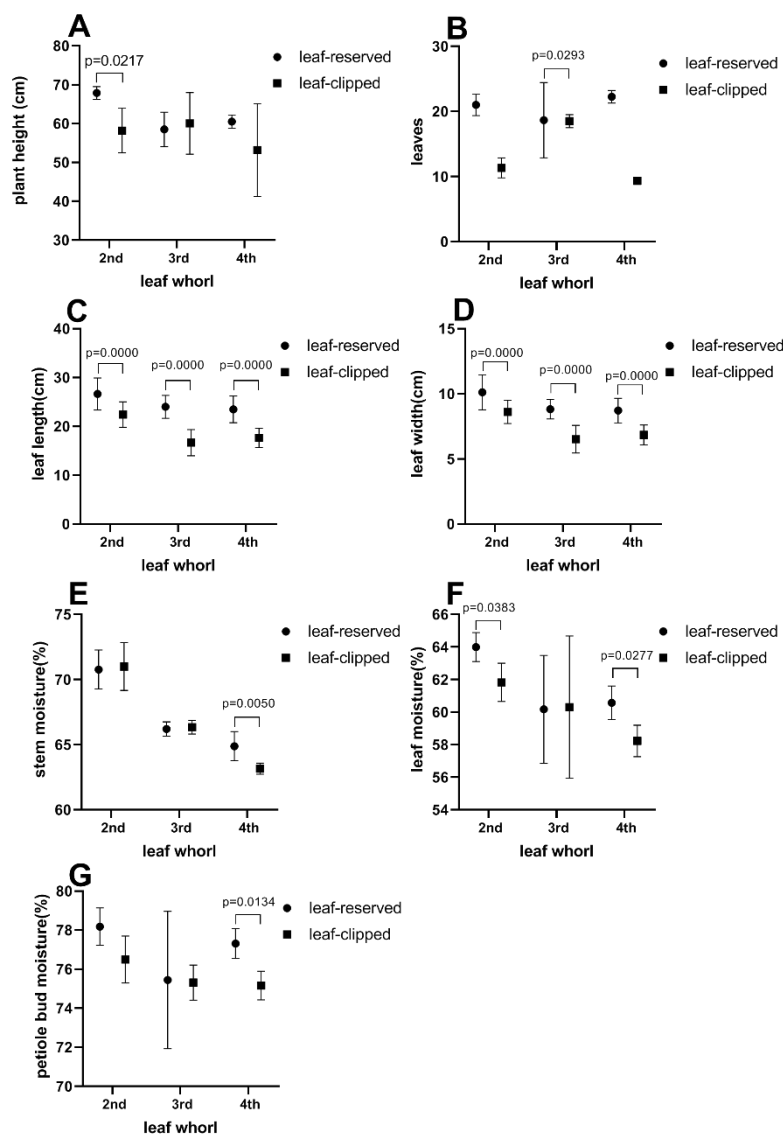


Fig. 2. Comparison of plant height, leaves, leaf length, leaf width, stem moisture, leaf moisture, petiole bud moisture

3.2 AXILLARY BUD QUALITY

3.2.1 COMPARISON OF SINGLE STEM TYPE LEAF RESERVED AMONG THE DIFFERENT LEAF WHORLS OF THE SAME PLANT

The scale bud scar length of the leaf reserved 2nd leaf whorl (Fig. 4A) is significantly smaller than that of the 3rd leaf whorl (Fig. 3) by 7.59% ($P < 0.05$) and 4th leaf whorl by 23.92% ($P < 0.05$). Additionally, the scale bud scar length of the 3rd leaf whorl is significantly smaller than that of the 4th leaf whorl by 15.17% ($P < 0.05$). The scale bud scar thickness of the 2nd leaf whorl and 3rd leaf whorl (Fig. 4C) is significantly smaller than that of the 4th leaf whorl by 33.20% ($P < 0.05$) and 28.32% ($P < 0.05$), respectively. The scale bud eye length of the 2nd leaf whorl and 3rd leaf whorl (Fig. 4D) is significantly smaller than that of the 4th leaf whorl by 23.66% ($P < 0.05$) and 22.54% ($P < 0.05$). Furthermore, the scale bud eye width of the 2nd leaf whorl (Fig. 4E) is significantly smaller 16.24% ($P < 0.05$) than that of the 3rd leaf whorl. In contrast, the scale bud eye width of the 2nd leaf whorl and 3rd leaf whorl are significantly larger than those of the 4th leaf whorl by 12.68% ($P < 0.05$) and 24.88% ($P < 0.05$), respectively.

The petiole bud scar length of the 2nd leaf whorl (Fig. 4a) is significantly smaller than that of the 3rd leaf whorl (Fig. 3) by 14.41% ($P < 0.05$). Additionally, the petiole bud scar length of the 2nd leaf whorl and 3rd leaf whorl are significantly greater than those of the 4th leaf whorl by 30.33% ($P < 0.05$) and 39.11% ($P < 0.05$), respectively. The petiole bud scar width of the 2nd leaf whorl is significantly 10.12% smaller ($P < 0.05$) than that of the 3rd leaf whorl (Fig. 4b). Furthermore, the petiole bud scar width of the 2nd and the 3rd leaf whorl is significantly larger than that of the 4th leaf whorl by 16.68% ($P < 0.05$) and 24.33% ($P < 0.05$), respectively.

The petiole bud scar thickness of 2nd leaf whorl is significantly 11.62% ($P < 0.05$) smaller than that of the 3rd leaf whorl (Fig. 4c). The petiole bud scar thickness of the 2nd and the 3rd leaf whorl is significantly smaller than that of the 4th leaf whorl, by 54.13% ($P < 0.05$) and 38.08% ($P < 0.05$), respectively.

The petiole bud eye length of the 2nd leaf whorl is 8.98% ($P < 0.05$) longer than that of the 3rd leaf whorl (Fig. 4d). Moreover, the petiole bud eye length of the 2nd and the 3rd leaf whorl is significantly longer than that of the 4th leaf whorl by 25.21% ($P < 0.05$) and 17.83% ($P < 0.05$), respectively.

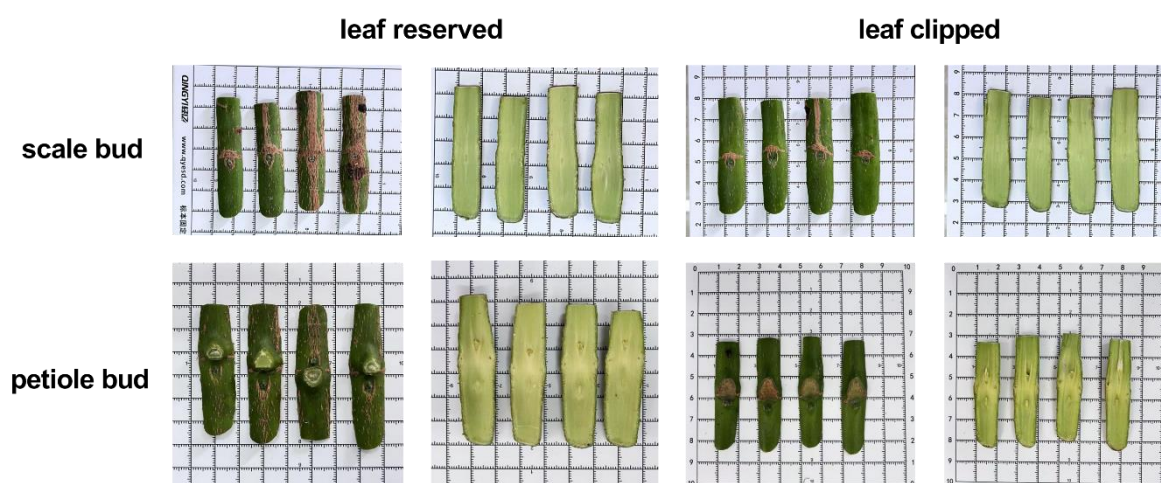


Fig. 3. Positive and negative side view of leaf bud patch and scale bud patch on 3rd leaf whorl

3.2.2 COMPARISON OF SINGLE STEM TYPE LEAF CLIPPED AMONG THE DIFFERENT LEAF WHORLS OF THE SAME PLANT

The scale bud scar length of the leaf clipped from the 2nd leaf whorl (Fig. 4A) is significantly shorter than that of the 3rd leaf whorl by 13.12% ($P < 0.05$) and 4th leaf whorl by 31.06% ($P < 0.05$). Additionally, the scale bud scar length of the 3rd leaf whorl is significantly shorter than that of the 4th leaf whorl by 15.86% ($p < 0.05$).

The scale bud scar width of the 2nd leaf whorl (Fig. 4B) is significantly smaller than that of the 3rd leaf whorl by 21.49% ($p < 0.05$). Conversely, the scale bud scar width of the 3rd leaf whorl is significantly 18.28% larger than that of the 4th leaf whorl ($p < 0.05$).

The scale bud scar thickness of the 2nd leaf whorl (Fig. 4C) is significantly smaller than that of the 3rd leaf whorl by 28.05% ($p < 0.05$), while the scale bud scar thickness of the 3rd leaf whorl is significantly greater than that of the 4th leaf whorl by 26.02% ($p < 0.05$).

The scale bud eye length of the 2nd leaf whorl (Fig. 4D) is significantly shorter than that of the 3rd leaf whorl by 18.45% ($p < 0.05$), and the scale bud eye length of the 3rd leaf whorl is significantly longer than that of the 4th leaf whorl by 25.30% ($p < 0.05$).

The petiole bud scar length of the 2nd leaf whorl (Fig. 4a) is significantly smaller than that of the 3rd leaf whorl by 33.53% ($p < 0.05$) and 4th leaf whorl by 55.29% ($p < 0.05$). The petiole bud scar length of the 3rd leaf whorl is significantly smaller than that of the 4th leaf whorl by 16.29% ($p < 0.05$). The petiole bud scar width of the 2nd leaf whorl and 3rd leaf whorl (Fig. 4b) was significantly smaller than that of the 4th leaf whorl by 31.20% ($P < 0.05$) and 36.59% ($p < 0.05$).

The petiole bud scar thickness of the 2nd leaf whorl (Fig. 4c) is significantly smaller than that of the 3rd leaf whorl by 54.23% ($p < 0.05$). The petiole bud scar thickness of the 3rd leaf whorl is significantly greater than that of the 4th leaf whorl by 39.63% ($p < 0.05$).

The petiole bud eye length of the 2nd leaf whorl (Fig. 4d) is significantly longer than that of the 3rd leaf whorl by 16.25% ($p < 0.05$) and 4th leaf whorl by 39.13% ($p < 0.05$). The petiole bud eye length of the 3rd leaf whorl is significantly longer than that of the 4th leaf whorl by 27.32% ($p < 0.05$).

The petiole bud eye width of the 2nd leaf whorl (Fig. 4e) is significantly smaller than that of the 3rd leaf whorl by 19.45% ($p < 0.05$). The petiole bud eye width of the 3rd leaf whorl is significantly larger than that of the 4th leaf whorl by 22.00% ($p < 0.05$).

3.2.3 COMPARISON OF SINGLE STEM TYPE LEAF RESERVED AND LEAF CLIPPED OF THE SAME LEAF WHORL AMONG THE DIFFERENT PLANTS

The scale bud scars of the leaf reserved from the 2nd, 3rd, 4th leaf whorl are significantly wider (Fig. 5A) than those of the leaf clipped from the same leaf whorls, with differences of 27.00% ($P < 0.05$), 16.20% ($P < 0.05$), 26.58% ($P < 0.05$), respectively. The scale bud thickness of the leaf reserved from the 2nd and 3rd leaf whorl (Fig. 5C) is significantly smaller than that of the leaf clipped from these whorls, showing reductions of 30.69% ($P < 0.05$) and 60.05% ($P < 0.05$), respectively. In contrast, the scale bud thickness of the leaf reserved from the 4th leaf whorl is significantly greater than that the leaf clipped from the same whorl, with a difference of 7.06% ($P < 0.05$). Additionally, the scale bud eye length of the leaf reserved from the 2nd leaf whorl is longer (Fig. 5D) than that of the leaf clipped from the 2nd leaf whorl by 24.09% ($P < 0.05$). Conversely, the scale bud eye width of the leaf reserved from the 4th leaf whorl (Fig. 5E) is significantly smaller than that of the leaf clipped from the same whorl, with a reduction of 17.05% ($P < 0.05$).

The petiole bud scar of the leaf reserved from the 2nd, 3rd leaf whorl is significantly longer (Fig. 5a) than that of the leaf clipped from the same whorl by 37.46% ($P < 0.05$) and 27.01% ($P < 0.05$), respectively. The bud scar length of the leaf reserved from the 4th leaf whorl is significantly shorter than that of the leaf clipped from the same whorl by 39.40% ($P < 0.05$). The petiole bud scar width of the leaf reserved from the 2nd, 3rd leaf whorl (Fig. 5b) is significantly greater than of the leaf clipped from the same whorl by 11.20% ($P < 0.05$) and 22.54% ($P < 0.05$), respectively. The petiole bud scar width of the leaf clipped from the 4th leaf whorl is significantly shorter than that of the leaf clipped from the same whorl by 39.83% ($P < 0.05$).

The petiole bud thickness of the leaf reserved from the 2nd, 3rd leaf whorl (Fig. 5c) are significantly thinner than of the leaf clipped from the same whorl by 41.39% ($P < 0.05$) and 95.37% ($P < 0.05$), respectively. Conversely, the petiole bud thickness of the leaf reserved from the 4th leaf whorl is significantly thicker than that of the leaf clipped from the same whorl by 14.59% ($P < 0.05$). The petiole bud eye length of the leaf reserved from the 2nd leaf whorl (Fig. 5d) is significantly shorter than that of the leaf clipped from the 2nd leaf whorl by 15.62% ($P < 0.05$). The petiole bud eye width of the leaf reserved from the 3rd leaf whorl (Fig. 5e) is significantly shorter than that of the leaf clipped from the same whorl by 34.53% ($P < 0.05$).

For most morphological indicators of scale buds and petiole buds, the leaf reserved and leaf clipped treatments exhibited opposing trends. When the leaves are intact, indicators such as the scale bud scar width, as well as the length and width of petiole bud scars on the 2nd and 3rd leaf whorls of the plant, demonstrate advantages. However, following leaf pruning, these advantages diminished for some indicators, while contrasting advantages emerged for others. This suggests that leaf pruning significantly influences the morphology of axillary buds, and the performance of different bud sticks varies across leaf whorls.

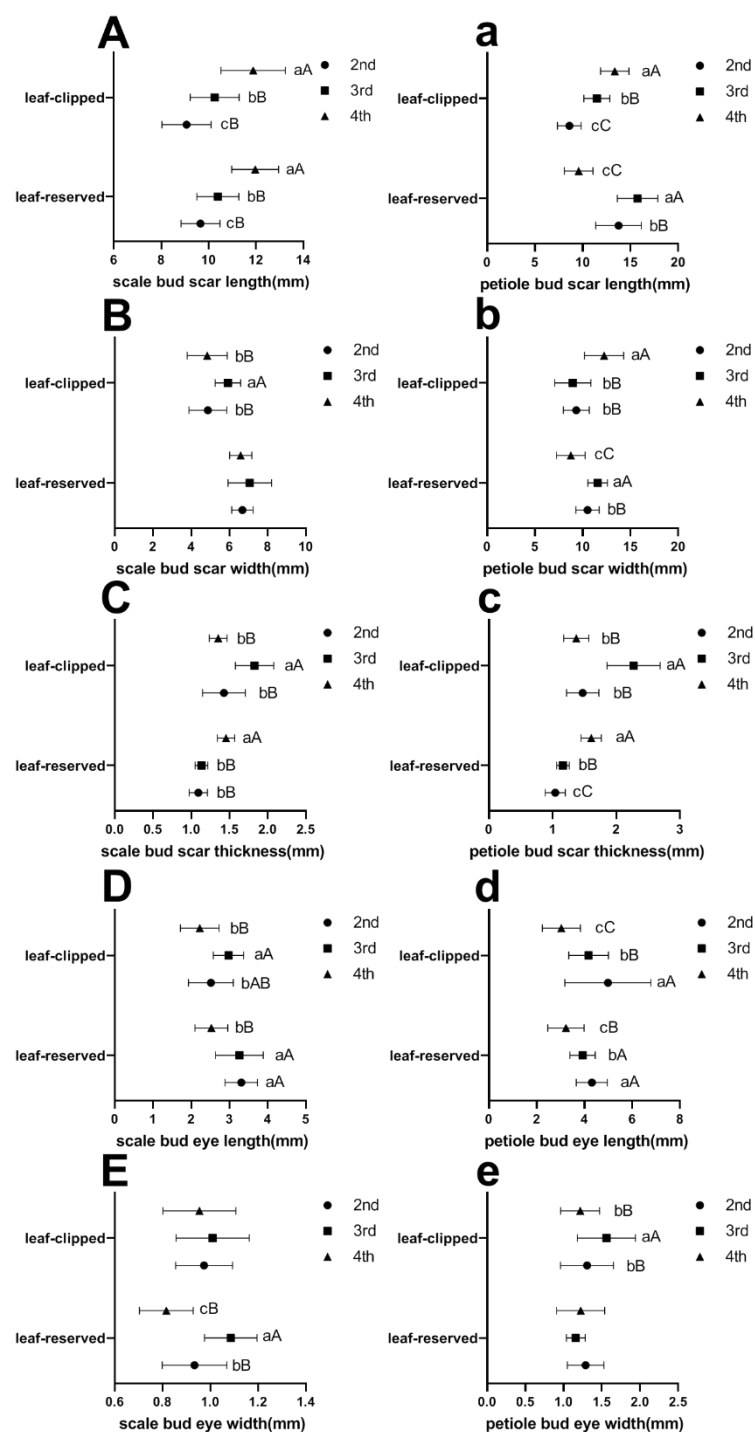


Fig. 4. The axillary bud growth of the 2nd, 3rd and 4th leaf whorl under leaf reserved and clipped treatment

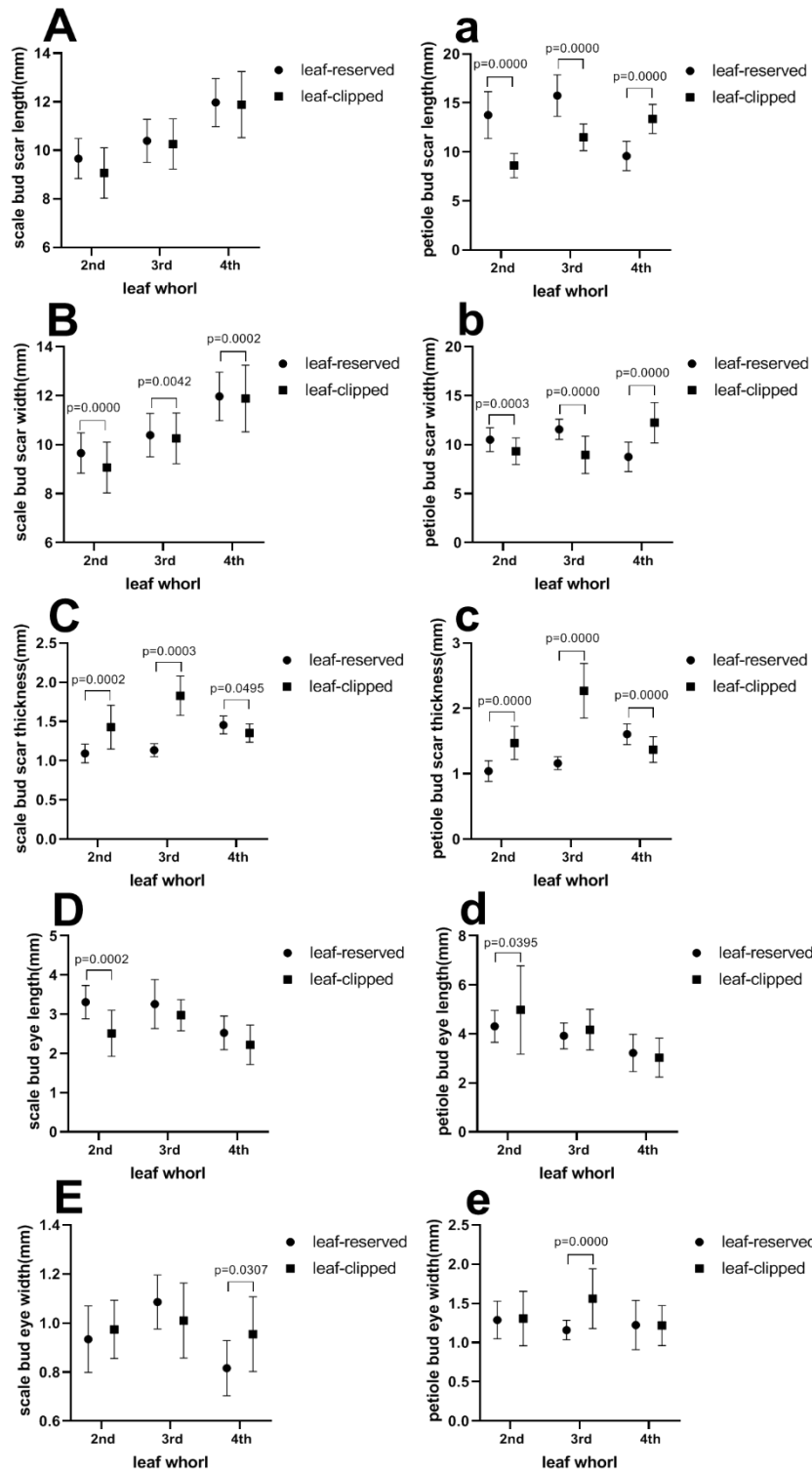


Fig. 5. The quality of axillary buds at different leaf whorl on the same plant under leaf reserved and clipped treatment

3.3 COEFFICIENT OF VARIATION ANALYSIS

As shown in Tab.1, the coefficient of variation (CV) for leaf length of the 2nd, 3rd and 4th leaf whorl under reserved leaves is 12.27%, 9.80% and 11.68%, while under clipped leaves the CVs are 11.62%, 16.08% and 11.28%, respectively. For leaf width,

the CV of the 2nd, 3rd and 4th leaf whorl under reserved leaves is 13.28%, 8.52% and 10.84%, compared to 10.35%, 16.31% and 11.12% under clipped leaves, respectively. The CV of plant height of the 2nd leaf whorl under reserved leaves was 2.43%, whereas it is 9.86% for the same whorl under clipped leaves. The CV of leaves of the 3rd leaf whorl under reserved leaves is 4.30%, while it is 5.00% for the same whorl under clipped leaves.

The CV of leaf moisture of the 2nd and 4th leaf whorl under reserved leaves is 1.39% and 1.69%, while that under clipped leaves is 1.90%, and 1.66%, respectively. The CV of stem moisture of the 4th leaf whorl under reserved leaves is 1.72%, whereas it is 0.67% for the same whorl under clipped leaves. Additionally, the CV of petiole bud of the 4th leaf whorl under reserved leaves is 0.99%, while it is 0.98% for the same whorl under clipped leaves.

The CV of scale bud scar width of the 2nd, 3rd and 4th leaf whorl under reserved leaves is 8.37%, 16.14%, and 8.81%, while that under clipped leaves is 20.38%, 11.27% and 21.74%, respectively. The CV of scale bud scar thickness of the 2nd, 3rd and 4th leaf whorl under reserved leaves is 10.88%, 7.33%, and 7.81%, while that under clipped leaves is 19.54%, 13.72% and 8.63%, respectively. The CV of scale bud eye length of 2nd leaf whorl under reserved leaves is 12.88%. The CV of scale bud eye width of the 4th leaf whorl under reserved leaves is 13.79%, compared to 15.99% under clipped leaves.

The CV of petiole bud scar length of the 2nd, 3rd and 4th leaf whorl under reserved leaves is 17.41%, 13.46%, and 15.51%, while it is 14.50%, 11.85% and 11.13% under clipped leaves, respectively. The CV of petiole bud scar width of the 2nd, 3rd and 4th leaf whorl under reserved leaves is 11.57%, 8.84%, and 17.14%, whereas under clipped leaves it is 14.55%, 21.13% and 16.83%, respectively. The CV of petiole bud scar thickness of the 2nd, 3rd and 4th leaf whorl under reserved leaves is 15.20%, 8.42%, and 9.87%, while under clipped leaves it is 17.23%, 18.42% and 14.35%, respectively. The CV of petiole bud eye length of 2nd leaf whorl under reserved leaves is 15.13%, compared to 36.21% under clipped leaves. The CV of petiole bud eye width of the 3rd leaf whorl under reserved leaves is 10.66%, compared to 24.38% under clipped leaves.

Tableau 1. *Coefficient of variation (%) between significantly different parameters under leaf reserved and clipped treatment*

parameter		reserved leaves			parameter		clipped leaves		
		2 nd	3 rd	4 th			2 nd	3 rd	4 th
leaf length		12.27	9.80	11.68	leaf length		11.62	16.08	11.28
leaf width		13.28	8.52	10.84	leaf width		10.35	16.31	11.12
plant height		2.43	-	-	plant height		9.86	-	-
leaves		-	4.30	-	leaves		-	5.00	-
moisture	leaf	1.39	-	1.69	moisture	leaf	1.90	-	1.66
	stem	-	-	1.72		stem	-	-	0.67
	petiole bud	-	-	0.99		petiole bud	-	-	0.98
scale bud	bud scar width	8.37	16.14	8.81	scale bud	bud scar width	20.38	11.27	21.74
	bud scar thickness	10.88	7.33	7.81		bud scar thickness	19.54	13.72	8.63
	bud eye length	12.88	-	-		bud eye length	-	-	-
	bud eye width	-	-	13.79		bud eye width	-	-	15.99
petiole bud	bud scar length	17.41	13.46	15.51	petiole bud	bud scar length	14.50	11.85	11.13
	bud scar width	11.57	8.84	17.14		bud scar width	14.55	21.13	16.83
	bud scar thickness	15.20	8.42	9.87		bud scar thickness	17.23	18.42	14.35
	bud eye length	15.13	-	-		bud eye length	36.21	-	-
	bud eye width	-	10.66	-		bud eye width	-	24.38	-

3.4 CORRELATION ANALYSIS

As shown in Fig. 6, the number of leaves is significantly positively correlated with leaf width ($p < 0.05$) and is also significantly positively correlated with leaf length ($p < 0.01$). Leaf moisture exhibits a significant positive correlation with plant height, stem moisture, and petiole bud moisture ($p < 0.05$). Additionally, there is a significant positive correlation between plant height and petiole bud moisture ($p < 0.05$). A significant positive correlation exists between stem diameter and scale bud scar length ($p < 0.01$), while significant negative correlations are observed with stem moisture and petiole bud eye length, respectively ($p < 0.05$). Furthermore, a significant positive correlation is noted between stem moisture and petiole bud eye length ($p < 0.05$), alongside a significant negative correlation between stem moisture and scale bud scar length ($p < 0.05$). There is also a significant positive correlation between leaf length and leaf width ($p < 0.05$), as well as between leaf width and petiole bud moisture ($p < 0.05$). Conversely, a significant negative correlation is found between scale bud scar length and petiole bud eye length ($p < 0.01$), as well as between scale bud scar width and the number of petiole buds ($p < 0.01$). Lastly, a significant positive correlation is observed between scale bud scar thickness and petiole bud scar thickness ($p < 0.01$), and between petiole bud scar thickness and petiole bud eye width ($p < 0.05$).

The analysis indicates that thicker stems correspond to lower stem moisture levels and shorter lengths of petiole bud eyes. Therefore, it is essential to manage watering appropriately to increase stem moisture, which in turn may promote the elongation of petiole bud eyes. The correlation analysis suggests that during the growth and development of rubber tree bud-sticks, various parts influence and restrict one another, resulting in differing effects on their growth. By understanding these correlations, effective management strategies can be implemented to cultivate optimal bud patches for rubber mini-seedling budding.

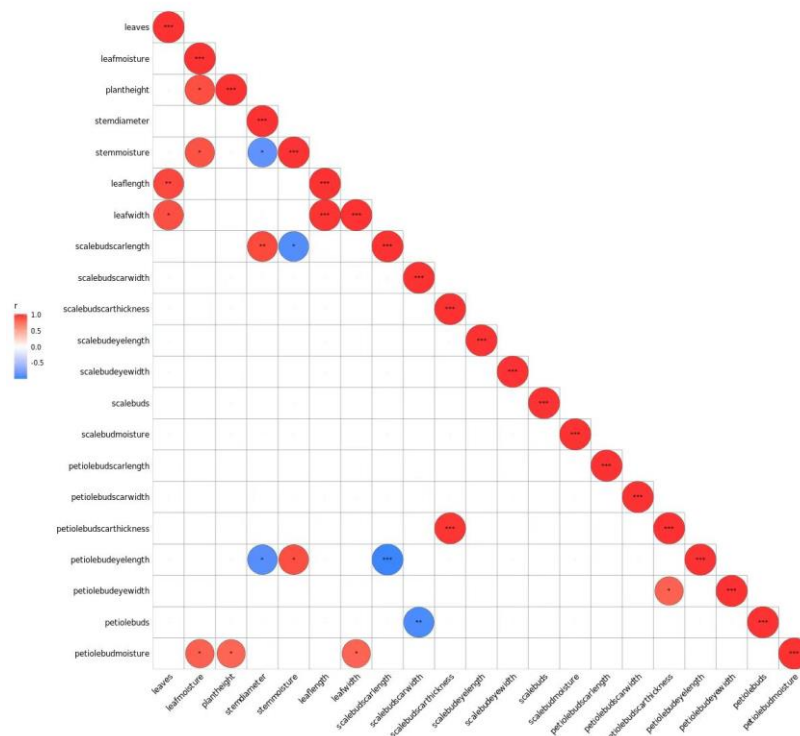


Fig. 6. Correlation analysis of all growth indexes observed

3.5 COMPREHENSIVE ANALYSIS

Using stem diameter and plant height as low-optimal indices, the TOPSIS method is employed to analyze various parameters, including leaf characteristics, leaf moisture, plant height, stem diameter, stem moisture, leaf length, leaf width, scale bud scar dimensions (length, width, thickness), scale bud eye dimensions (length, width), scale buds, scale bud moisture, leaf bud scar dimensions (length, width, thickness), leaf bud eye dimensions (length, width), leaf buds, and leaf bud moisture. The results are presented in Table 2. When evaluating the pruning of leaves from the rubber Reken 628 single-stem type bud

stick, the leaf-clipped treatment yielded better results compared to the leaf-reserved treatment. In terms of leaf whorl position, the highest quality axillary buds were found in the 3rd leaf whorl, followed by the 2nd leaf whorl, with the 4th leaf whorl showing the lowest quality. Considering both leaf clipping and the leaf whorl position, the order of effectiveness is as follows: 3rd-leaf clipped > 3rd-leaf reserved > 2nd-leaf clipped > 2nd-leaf reserved > 4th-leaf reserved > 4th-leaf clipped.

Tableau 2. *Comprehensive analysis based on growth index*

Leaf whorl - leaf status	Statistic CI	Rank
3rd-leaf clipped	0.539	1
3rd -leaf reserved	0.5384	2
2nd- leaf clipped	0.5263	3
2nd-leaf reserved	0.5244	4
4th-leaf reserved	0.4073	5
4th- leaf clipped	0.3862	6

CI, approximation to the Optimal Vectors.

4 CONCLUSION

In summary, the axillary bud quality of the rubber tree Reken 628 bud stick is optimal for the third leaf whorl of single stem type, where the leaves have been clipped. Consequently, it is recommended that the leaf clipping treatment be performed 10-15 days prior to mini-seedling budding on the single stem type bud sticks. Following the cutting of the bud sticks [15], the bud patch should be excised according to the position of the leaf whorl, with a preference for bud patches corresponding to the third leaf whorl for mini-seedling budding. In subsequent stages, it is advisable to cultivate more single stem type clipped rubber tree bud sticks to enhance the quality of axillary buds, thereby improving the quality of the buddings. Furthermore, there is a strong positive correlation between the quality of the bud patch and plant height, stem diameter, leaf length, and leaf width. Initially, it was assumed that the appearance of axillary buds could be used to assess the quality of bud eyes [16]. however, correlation analysis indicates that the size of the petiole bud scar and the scale bud scar do not correlate with the size of the petiole bud eye and the scale bud eye. Therefore, when selecting buds, it is important to choose rubber trees characterized by greater plant height, thicker stem diameter, and superior leaf quality in order to obtain better quality bud patches for mini-seedling budding. Additionally, one should not rely on the size of the bud marks on the surface to determine the quality of the bud pieces.

The axillary bud quality of the 3rd leaf whorl from single-stem type clipped leave is found to be the highest. However, the moisture content of all indices in rubber tree bud-stick subjected to leaf clipping treatment is lower than that of trees with reserved leaf. Consequently, after the leaf clipping treatment, it is essential to implement additional measures such as increased watering and fertilization to effectively manage the buds in the rubber tree bud-stick proliferation nursery [15-17]. This approach will help mitigate the reduction in moisture levels following leaf clipping treatment, thereby preserving the quality of the axillary buds.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by Hainan Provincial Natural Science Foundation of China (321QN335), the earmarked fund for China Agriculture Research System (CARS-34-YZ4).

REFERENCES

- [1] Wentao Zou, Xianhong Liu, Juan Sun, Haitao Yuan. Innovation and construction of chinese natural rubber consumption self-sufficiency rate. *Journal of Hainan Tropical Ocean University*, 2017 (4): 105-108. .
- [2] Jing Cheng, Tiandai Huang, Xuemei Dai, Zhengwei Xu. Anther regeneration system of rubber tree variety reken 628suitable for whole period intercropping. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2023, 44 (9): 1794-1800.
- [3] Shuna Yuan, Jian Pan, Jianxiong Huang, Dinghua Zheng, Hanqi Tu, Lijuan Zhou. Yield and Quality Performance of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Intercropped in rubber plantation with paired row planting system. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 1001-4829 (2019) 9-2008-06.
- [4] Weifu Lin, Xianhai Zeng, Guishui Xie, Chaoyang Zhang, Feng An, Jun Wang, Xicai Zhang, Zhixiang Wu, Lijun Zhou. Thoughts and practice on intercropping in rubber plantations. *China Tropical Agriculture*, 2011, (04): 11-15.
- [5] Changhui He, Ruijin Liu, Feng An, Wei Wu, Dong Liu. Analysis of renewal strategies of natural rubber plantations in Hainan Province. *Industry Development*, 2024, (05): 9-18.
- [6] Xiaolong Sun, Hai Tian, Mingchun Gui, Ming Tang, Guoping Liang. Experiment of mini-seedling grafting with different buds from different budwoods of rubber trees. *Tropical Agricultural Science & Technology*, 2019,42 (04): 1-3+8.
- [7] Xianhong Chen, Jun Wang, Weifu Lin, Mini-seedling budding of *Hevea brasiliensis*: forty years of efforts in China. *International Journal of Environment Agriculture and Biotechnology*, 2020,5 (5): 1288-1294.
- [8] Jun Zhou, Qing Chen, Xinyan Wang, Jian Huang, Jun Wang, Tingting Cai, Suyu Chen. Comparative analysis on bud patches quality and bud grafting efficacy in rubber green buddings with different leaf-umbrellas. *Soils and Crops*, Jun. 2021, 10 (2): 213-220.
- [9] Jian Chen, Xingcheng Yao, Xinlong Wang, Jun Wang. The propagation experiment of buds from different budwoods of rubber tree. *Tropical Agricultural Engineering*, 2018,42 (04): 9-11.
- [10] Qiu Liu, Zhihui Li, Shaoxiong Chen. Review on pruning in eucalypt plantations for production of clear wood. *Eucalypt Science & Technology*, 2009,26 (02): 67-74.
- [11] Jiao Wang, Xin Guan, Ke Huang, Kexiang Zhi, Bohan Chen, Xuan Duan, Jiamin Yang, Weidong Zhang, Longchi Chen, Qing-peng Yang. Effect of pruning on growth and knot free timber production of *Cunninghamia lanceolata*. *Forest Research*, 2023, 36 (6): 40-47.
- [12] Fengliang Zhang, Xiaoqin Li, Changli Mao, Yu Wu, Shubang Ni. Dynamic changes of SPAD value and color of *Hevea brasiliensis* leaves during different growth and development periods. *Journal of Northwest Forestry University*, 2019, 34 (1): 83-90.
- [13] Ruxue Wang, Xianhong Chen, and Jun Wang, Leaf Phenology influence the growth of rubber seedlings, *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 2022, 61 (1): 1-6.
- [14] Wenxiu Li, Junjun He, Hualin Zhang, Ping Luo. Research progress in the phenology of *Heava brasiliensis* leaf. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2019, 46 (11): 37-44.
- [15] Weifu Lin, Shoufeng Huang, Guishui Xie, Mingdao Cai, Junming Chen. Mini-seedling budding of *Heava brasiliensis*. *Chinese Journal of tropical crops*, 1998, (03): 8-15.
- [16] Kailong Tan, Chuanyun Diao, On the cultivation direction and management mode of high-quality seedlings, *Forest by-product and speciality in China*, 2020, (6): 92-94.
- [17] Baohua Huang. High-quality forest seeding cultivation direction and management model. *Village committee director*, 2024, (14): 61-63.

Essor de l'anacarde et sécurité alimentaire dans le département d'Odienné: Défis et perspectives

[Growth of cashews and food security in the department of Odienné: Challenges and prospects]

Koné Ferdinand N'Gomory, Kouamé Frederic N'Dri, and Dhédé Paul Éric Kouame

Département de géographie, Université Alassane OUATTARA, Côte d'Ivoire

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 article aims to understand the socio-economic impacts linked to the growth of cashew cultivation in the department of Odienné in context of diversification of the Ivorian economy, which is heavily dependent on the coffee and cocoa sectors. Cashew nut cultivation has gradually become a major speculation for rural populations due to favorable agro-ecological and economic conditions. The results highlight the climatic, political and human factors conducive to the development of cashew nut cultivation. This is expanding rapidly in the study area, to the detriment of food crops, and poses a major challenge. Food insecurity affects 88% of households to varying degrees, with only 12% enjoying real food security. Faced with this problem, farmers in the Odienné department are developing various adaptive strategies. In terms of cultural practices, they use agroecological techniques such as crop rotation, agroforestry and erosion control to preserve soil fertility. They also cultivate rice in low-lying areas in order to extend the area available for cultivation, despite pressure on the land. Technologically, the adoption of improved seeds, phytosanitary inputs and irrigation systems aims to increase yields and secure production in the face of climatic hazards.

KEYWORDS: Odienné, Grow, Cashew nut, cultivation, food Security, Challenges and Perspectives.

RESUME: Cet article vise à appréhender les impacts socio-économiques liés à l'essor de la culture de l'anacarde dans le Département d'Odienné dans un contexte de diversification de l'économie ivoirienne fortement dépendante des filières café et cacao. La culture de l'anacarde est progressivement devenue une spéculation prépondérante pour les populations rurales en raison de conditions agro-écologiques et économiques favorables. La présente étude a adopté des méthodes quantitatives et qualitatives. En effet, les résultats obtenus mettent en évidence des facteurs climatiques, politiques et anthropiques propices au développement de la culture de l'anacarde. Celle-ci connaît d'ailleurs une expansion spatiale rapide sur l'espace d'étude au détriment des cultures vivrières, constituant un défi majeur. L'insécurité alimentaire touche 88% des ménages à divers degrés, seuls 12% bénéficient d'une réelle sécurité alimentaire. Face à cette problématique, les exploitants du Département d'Odienné développent diverses stratégies adaptatives. Au niveau des pratiques culturelles, ils mettent en œuvre des techniques agro-écologiques telles que les rotations, l'agroforesterie ou la lutte anti-érosive dans le but de préserver la fertilité des sols. Ils valorisent également les bas-fonds par la riziculture afin d'étendre les superficies cultivables malgré la pression foncière. Sur le plan technologique, l'adoption de semences améliorées, d'intrants phytosanitaires et de systèmes d'irrigation visant à accroître les rendements et à sécuriser la production face aux aléas climatiques.

MOTS-CLEFS: Odienné, Essor, Anacarde, Sécurité Alimentaire, Défis, Perspectives.

1 INTRODUCTION

L’anacardier, ou arbre à noix de cajou, originaire du nord-est du Brésil et des îles caraïbes (selon (1)) a pris une place prépondérante dans l’économie agricole de plusieurs régions de la Côte d’Ivoire, notamment dans le département d’Odienné (10), où il est devenu l’une des principales cultures de rente. Alors que son introduction dans la culture ivoirienne remonte aux années 1960 selon (2), la production de l’anacarde dans cette zone, connaît une croissance remarquable depuis plusieurs années, contribuant non seulement à l’amélioration des conditions de vie des producteurs, mais aussi à l’économie nationale. Toutefois, cette dynamique positive est confrontée à des défis majeurs qui influencent la sécurité alimentaire des populations locales. L’essor de la culture de l’anacarde, bien qu’il génère des revenus significatifs, pose la question de l’équilibre entre cultures de rente et cultures vivrières, et, par extension, des risques pour la sécurité alimentaire. Un concept qui au fil du temps s’est enrichi des questions de stabilité, de disponibilités et d’accessibilité alimentaire des ménages et des individus (SEN, 1981) cité par (3).

En effet, la spécialisation agricole autour de l’anacardier peut entraîner un déséquilibre dans la production des denrées alimentaires de base, menaçant ainsi la sécurité alimentaire des ménages. Selon (4) l’aire culturale de l’anacarde était estimée à 16 685 ha en 2013, celle de 2014 était évaluée à 29 582 ha et l’entendue de 2015 est de 38 483 ha (Direction Départementale de l’Agriculture, 2019). L’accaparement des terres, la réduction des espaces dédiés aux cultures vivrières et la dépendance accrue vis-à-vis des fluctuations des prix mondiaux sont autant de facteurs qui accentuent cette vulnérabilité. Face à ces défis, il devient impératif d’explorer les perspectives qui permettraient de concilier l’essor de la culture de l’anacarde et la garantie d’une sécurité alimentaire durable. Cette étude se propose d’analyser les défis et les perspectives liés à l’essor de l’anacarde et à la sécurité alimentaire dans le département d’Odienné. À travers une approche analytique, elle cherche à comprendre les dynamiques en jeu, tout en proposant des pistes de solution pour un développement harmonieux.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 PRÉSENTATION DE L’ESPACE D’ÉTUDE

Le département d’Odienné (9°30’0” N et 7°34’0” W) est situé à 867 km au nord d’Abidjan et couvre une superficie d’environ 13 758 Km² (Rezo-Ivoire.net, en ligne). Elle est limitée au nord par le département de Samatiguila à l’est par les départements de Séguélon et Madinani et à l’ouest par le département de Gbéléban,

C’est une zone de savane arborée avec un climat de type tropical comportant une période très chaude et sèche de novembre à mars et une période pluvieuse d’avril octobre. Ces facteurs naturels sont favorables au secteur agricole.

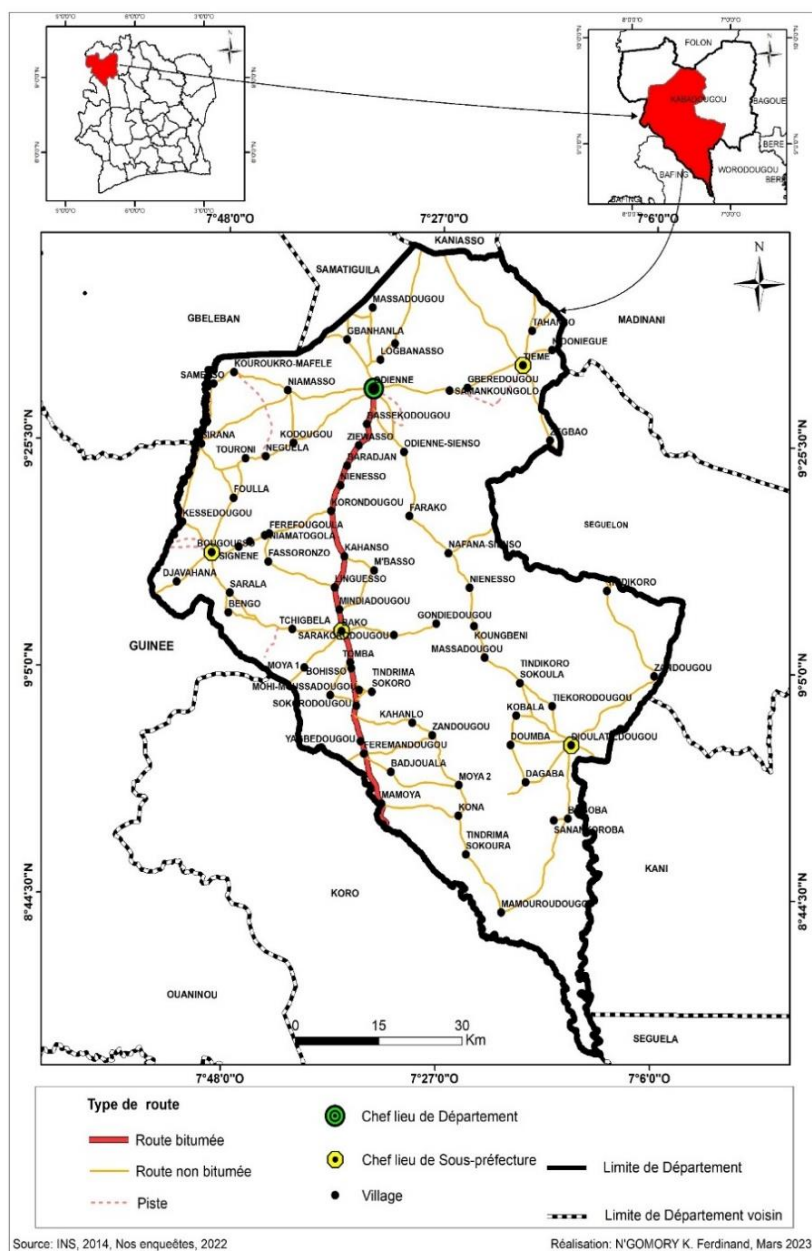


Fig. 1. Localisation du Département d'Odienné

2.2 DÉMARCHE METHOLOGIQUE

Cette étude repose sur une approche méthodologique mixte, combinant des sources primaires et secondaires afin d'assurer la rigueur et la pertinence des résultats. Les données ont été collectées à partir d'une recherche documentaire et d'enquêtes de terrain. La recherche documentaire a constitué une base théorique solide, en s'appuyant sur des ouvrages, articles scientifiques, thèses, mémoires et documents en ligne traitant de la sécurité alimentaire et de la culture de l'anacarde. Les cartes et images satellitaires obtenues via EARTH EXPLORER ont permis de situer géographiquement les zones de production d'anacarde et de visualiser les dynamiques spatiales.

L'étude a également intégré des données statistiques issues du Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH 2014) et des institutions telles que le CNRA et l'ANADER pour analyser les tendances de la production d'anacarde dans le département d'Odienné. Des entretiens semi-directifs ont été menés avec divers acteurs clés, notamment des conseillers agricoles, des représentants de coopératives, des autorités locales et coutumières, afin d'obtenir des informations qualitatives sur la dynamique de la filière. Les thèmes abordés incluent les superficies cultivées, les rendements, les pratiques agricoles et les conflits fonciers.

En complément, pour apprécier l’état de sécurité alimentaire, nous nous sommes appuyés sur la fréquence de consommation alimentaire ou le comportement alimentaire. La fréquence de consommation alimentaire permet de capter le nombre des différents aliments ou groupes d’aliments que les populations consomment et la fréquence de consommation de ces aliments.

Les indicateurs permettant de mesurer la sécurité alimentaire au niveau de cette la méthode sont le Score de Consommation Alimentaire (SCA) et Score de Diversité Alimentaire des Ménages (SDAM). Le (SCA) est un score calculé en se basant sur la fréquence de consommation des différents groupes d’aliments consommés par un ménage durant 7 jours précédant l’enquête. Quant au SDAM, il est calculé en s’appuyant sur le nombre d’aliments ou groupe d’aliments consommés pendant une période de référence donnée (24 heures) et ne prend pas en compte la fréquence de consommation. Il est promu par la FAO et USAID. Le Calcul du score de consommation alimentaire se présente comme suit:

SCA = (Pondération ou poids de l’aliment) x (Nombre de jours de consommation au cours des 7 derniers jours)

Pour l’application nous avons:

SCA= (2FxB) + (3FxB) + (1FxB) + (1FxB) + (4FxB) + (4FxB) + (0,5FxB) + (0,5FxB)

A= pondération ou poids de l’aliment

B= Nombre de jours de consommation au cours des 7 derniers jours

F= Aliment ou groupe d’aliment Le résultat du SCA s’interprète de la manière suivante:

SCA < 21 signifie une consommation alimentaire pauvre et traduit par conséquent une insécurité alimentaire sévère

SCA (21 – 35) signifie une consommation alimentaire limite et par conséquent une insécurité alimentaire modérée

SCA > 35 signifie une consommation alimentaire acceptable et par conséquent une sécurité alimentaire.

Le comportement alimentaire quant à lui est une mesure qui capture indirectement la sécurité alimentaire, en mesurant les comportements liés à la consommation alimentaire. Elle comprend les indicateurs suivants: l’Indice de Stratégie de Survie (SCI), l’Échelle de l’Accès déterminant l’Insécurité Alimentaire des Ménages (EAIAM), l’Échelle de la Faim au niveau des ménages (HHS). Cependant, dans le cadre de notre étude, nous avons opté pour méthode basée sur la fréquence et la diversité alimentaire et plus précisément pour l’indicateur de consommation alimentaire. Notre choix porté sur le SCA se justifie par le fait que c’est un indicateur proxy qui reflète la quantité (kilocalorie) et la qualité de l’alimentation.

Un échantillonnage raisonné a été adopté pour sélectionner les villages et les ménages, en tenant compte du volume démographique, du nombre de producteurs, de la situation géographique et de l’activité agricole. Les villages ont été choisis selon ces critères pour garantir une représentativité de la population étudiée. Enfin, les entretiens avec des responsables d’institutions telles que la mairie, le Conseil Régional et les ONG ont permis de saisir les dynamiques institutionnelles et les stratégies mises en place pour soutenir la filière et la sécurité alimentaire. Cette approche méthodologique mixte, alliant données qualitatives et quantitatives, offre une analyse complète de l’essor de la culture de l’anacarde et de son impact sur la sécurité alimentaire dans le département d’Odienné. La taille de l’échantillon a été définie suivant la méthode d’échantillonnage représentatif. Le choix de cette méthode dans cette étude, s’est avéré nécessaire parce que le nombre de populations étudiées est connu et nous avons estimé que les résultats obtenus pourraient représenter ou être généralisés à l’ensemble des populations étudiées. À cet effet la formule conseillée, pour calculer la taille de l’échantillon des populations à enquêter, est la suivante:

$$n = \frac{Z^2 (PQ) N}{(e^2 (N - 1) + Z^2 (PQ))}$$

n = Taille de l’échantillon;

N= Taille de l’échantillon mère;

Z= Coefficient de marge déterminé à partir du seuil de confiance;

e= Marge d’erreur;

P= Proportion de ménages supposés avoir les caractères recherchés. Cette proportion variante entre 0,0 et 1 est une probabilité d’occurrence d’un événement. Dans le cas où l’on ne disposera d’aucune valeur de cette proportion celle-ci sera fixée à 50% soit 0,5; Q= 1-P

Pour l’application de la formule, nous pouvons présumer que:

Si $P = 0,50$, donc $Q = 1 - 0,5 = 0,5$ à un niveau de confiance de 95%, $Z = 1,96$ et la marge d'erreur $e = 0,05$. Ainsi, pour déterminer le nombre de populations à enquêter, avons procédé de la manière suivante:

$$n = \frac{1,96^2 (0,5 \times 0,5) N}{(0,05^2 (N - 1) + 1,96^2 (0,5 \times 0,5))}$$

$$n = \frac{1,96^2 (0,5 \times 0,5) 350}{(0,05^2 (350 - 1) + 1,96^2 (0,5 \times 0,5))}$$

La taille de l'échantillon représentant le nombre de personnes choisies à qui les questions seront donc adressées est de 379 sur un nombre de ménages total.

Nous avons choisi d'effectuer nos enquêtes dans vingt (20) villages du département où nous avons des producteurs d'anacarde. Le fondement du choix de ces villages repose sur le fait qu'ils contiennent plus de producteurs d'anacarde. Le tableau 1 présente effectifs de ménage enquêté par localité et par Sous-préfecture.

Tableau 1. Effectifs de ménage enquêté par localité et par Sous-préfecture

Sous-préfectures enquêtées	Nombre de ménage	Nombre de chefs de ménage enquêté	Villages enquêtés	Nombre de ménage enquêté
ODIENNE	20193	255	- Odienné	125
			- Logbanasso	75
			- Gbahanla	35
			- Sienso	20
BAKO	3767	48	- Bako	18
			- Bohisso	12
			- Linguesso	8
			- Tomba	10
BOUGOUSSO	1066	13	-Bougoussou	5
			- Foulla	4
			- Niamatogola	2
			- Fréfougoula	2
DIOULATIEDOUGOU	3025	38	-Dioulatiedougou	18
			-Dagaba	10
			-Farako	7
			- Nienesso	3
TIEME	1986	25	-Tiemé	9
			-Tahanso	6
			-Zégbaho	7
			- N'doniégué	3
TOTAL	30037	379	20	379

Source: Nos enquêtes, 2022

2.3 TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNÉES

Les données obtenues sur le terrain, ont d’abord, fait l’objet d’un dépouillement manuel. Ensuite, elles ont été introduites dans le logiciel sphinx.4.5. Dans lequel était déjà saisi le questionnaire de l’enquête, après quoi, les réponses de chaque fiche d’enquête ont été introduites. L’analyse des informations qualitatives, à consister à établir une relation logique entre l’espace occupée par la culture de l’anacarde et celle occupée par les cultures vivrières. L’analyse quantitative quant à elle, a permis d’interpréter les tableaux et de cerner le niveau de connaissance des personnes enquêtées sur les risques encourus du fait de l’abandon des cultures vivrières au détriment de la culture de l’anacarde. Les figures, les tableaux ont été réalisées avec le logiciel Excel et les cartes avec QGIS.

3 RÉSULTATS

3.1 RÉSULTATS 1

3.1.1 L’ESSOR DE LA CULTURE DE L’ANACARDE DANS LE DÉPARTEMENT D’ODIENNE

L’évolution de la production d’anacarde en Côte d’Ivoire, et particulièrement dans le département d’Odienné, reflète une transformation structurelle importante de l’économie agricole. Ce secteur, autrefois dominé par des cultures vivrières et quelques cultures de rente traditionnelles comme le coton, a connu une montée en puissance notable de la production d’anacarde, qui s’impose aujourd’hui comme l’une des principales sources de revenus pour les agriculteurs locaux. La superficie consacrée à la culture de l’anacarde n’a cessé d’augmenter au cours de ces dernières années, passant de 48 714,39 hectares à 69 157,98 hectares soit 7 8,14% en 2002 à 11,17% en 2022. Cette tendance est attribuée à la rentabilité de la culture de l’anacarde, qui tenue de plus en plus d’agriculteurs. Les opportunités économiques offertes par cette culture ont probablement incité davantage d’individus à convertir leurs terres pour cultiver des noix de cajou. Également, la savane herbeuse, qui représentait autrefois une grande partie des terres en 2002 avec 282 541,68 hectares soit 47,18%, a vu sa superficie considérablement réduite à 178 358,04 hectares soit 28,80% en 2022. Cette diminution est due à la conversion de terres de savane en terres agricoles ou urbaines pour répondre à la croissance démographique et aux besoins en alimentation et en logement. Cela soulève des préoccupations quant à la préservation des écosystèmes naturels. La savane arborée a également vu sa superficie augmenter, passant de 116 757,72 hectares à 205 538,85 hectares soit 19,50% en 2002 à 33,19% en 2022. Cette augmentation est liée à une meilleure gestion des ressources forestières, au reboisement ou aux efforts de conservation. Cela indique une prise de conscience croissante de l’importance de la préservation de ces zones pour la biodiversité et la lutte contre la déforestation.

3.1.2 UNE VEGETATION DOMINEE PAR LES SAVANES: ESPACES DE PREDILECTION DE L’ANACARDIER

Dans le Département d’Odienné, la végétation est, en général, constituée de savanes arborées et de savanes herbeuses ou arbustives, parsemées d’îlots de forêts sacrées, des forêts classées. La Fig 2, est une illustration.

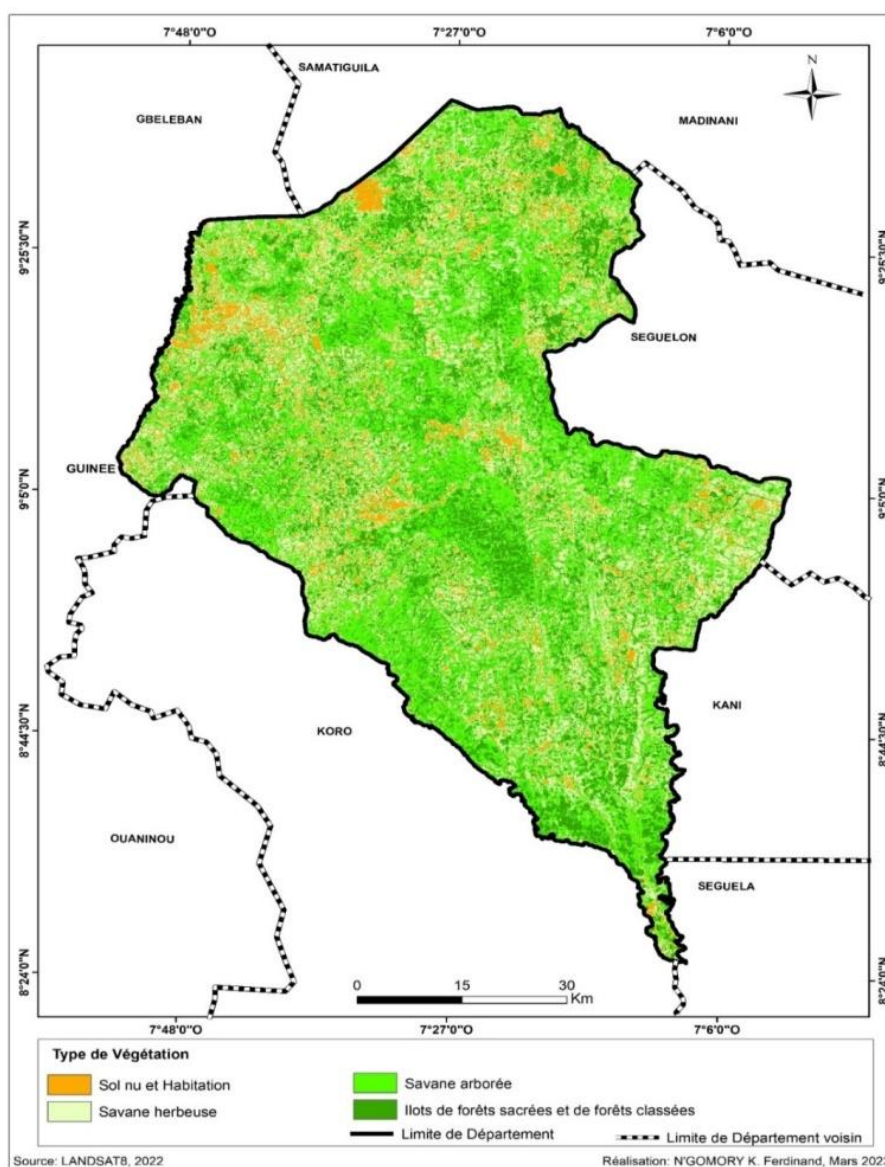


Fig. 2. Types de végétation du Département d'Odienné

Le Département d'Odienné est caractérisé par une végétation principalement composée de savanes arborées et de savanes herbeuses ou arbustives, avec quelques îlots de forêts sacrées et de forêts classées. L'ensemble de ces types de végétation sont présents sur l'ensemble de l'espace du Département.

Il est essentiel de noter que la composition floristique de la végétation de cette région comprend des arbres typiques des zones du nord, tels que le néré, l'anacardier et le karité, ainsi que des arbres tropicaux à fleurs tels que les frangipaniers et les acacias. Cette composition végétale favorise la culture de l'anacardier, une plante qui se développe particulièrement bien dans les régions de savane.

3.1.3 UN RESEAU HYDROGRAPHIQUE MOINS DENSE, PROPICE À L'IMPLANTATION DE L'ANACARDIER

De nombreux cours d'eau arrosent le Département d'Odienné, malheureusement la plupart d'entre eux tarissent pendant la période sèche. Notre zone de prédilection est traversée par les affluents des fleuves N'Zi à l'Est et le Bandama à l'Ouest qui constituent des limites territoriales naturelles. Fig 3 représente le réseau hydrographique.

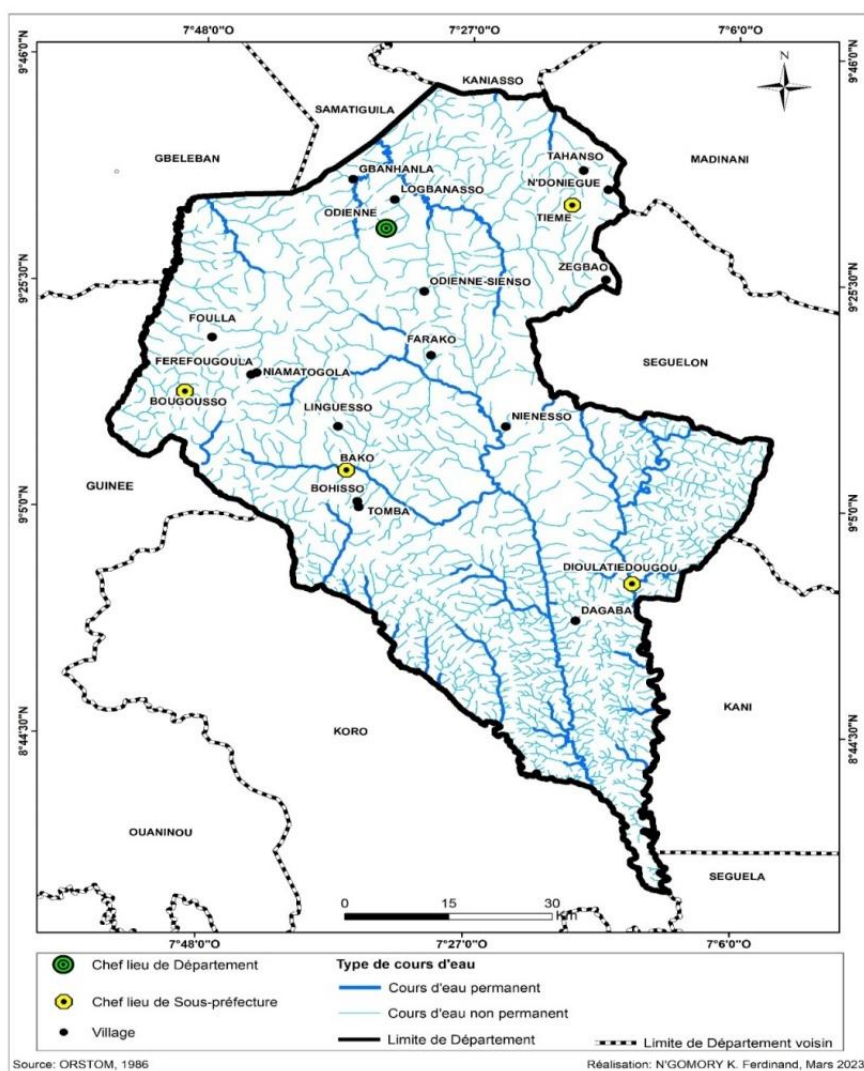


Fig. 3. Réseau hydrographique du Département d'Odienné

L'observation des cours d'eau dans le Département d'Odienné révèle qu'ils sont principalement non permanents, ce qui indique un climat caractérisé par une consommation élevée de l'eau. Cette constatation indique que le bilan hydrique de la région est déficitaire, avec des précipitations relativement faibles. Le tarisement de ces cours d'eau confirme que la saison des pluies est courte et marquée par des précipitations limitées. En revanche, la saison sèche est longue. La longueur de la saison sèche témoigne du fait que notre zone d'étude se situe dans une région tropicale propice à la culture de l'anacardier. Les conditions climatiques, avec une saison sèche prolongée, sont favorables à la croissance de cette plante. Cependant, il est important de noter que la non-permanence des cours d'eau limite la pratique de la riziculture, qui devient saisonnière en raison du manque d'eau tout au long de l'année. Dans un contexte où les cours d'eau sont majoritairement non permanents et où les précipitations sont limitées, il est crucial de développer des stratégies d'utilisation efficaces de l'eau, notamment pour les activités agricoles telles que la culture de l'anacardier. Des techniques d'irrigation adaptées et une gestion prudente des ressources hydriques sont nécessaires pour optimiser la production agricole dans cette région. Il convient également de prendre en compte les effets du changement climatique qui peuvent avoir des répercussions sur la disponibilité de l'eau et les schémas de précipitations. Il est essentiel d'adopter des pratiques agricoles durables et de mettre en place des mesures d'adaptation pour faire face aux défis liés à la disponibilité de l'eau dans un contexte de climat consommateur. La non-permanence des cours d'eau et les faibles précipitations observées dans le département d'Odienné indiquent un climat avec une saison des pluies courtes et des conditions favorables à la culture de l'anacardier. Cependant, cela nécessite une gestion prudente de l'eau et des pratiques agricoles adaptées pour maximiser la productivité et faire face aux contraintes liées à la disponibilité de l'eau.

3.1.4 LE DEPARTEMENT D'ODIENNE, UN ESPACE MOYENNEMENT HUMIDE FAVORABLE À LA CULTURE DE L'ANACARDE

L'humidité relative moyenne annuelle se situe globalement entre 65% et 75% dans le Département d'Odienné. L'analyse de l'humidité du sol dans le Département d'Odienné est importante pour comprendre son impact sur la culture de l'anacardier. Tout d'abord, il convient de noter que l'anacardier est une plante qui nécessite un sol bien drainé et une humidité adéquate pour une croissance optimale. L'humidité du sol joue un rôle crucial dans le développement des racines, l'absorption des nutriments et la régulation de la transpiration des plantes. La carte 4, indique la répartition de l'humidité du sol dans le Département d'Odienné. L'humidité du sol dans le Département d'Odienné est un facteur déterminant pour la culture de l'anacarde, qui est une culture largement répandue dans la cet espace. Le Département d'Odienné se trouve dans une zone caractérisée par un climat tropical avec une saison des pluies et une saison sèche distinctes. Pendant la saison des pluies, qui peut être relativement courte, le sol reçoit une quantité significative de précipitations. Cela contribue à l'humidité du sol, créant des conditions propices à la croissance de l'anacardier. L'humidité du sol dans le Département d'Odienné joue un rôle essentiel dans la culture de l'anacarde. Les conditions climatiques, la capacité de rétention d'eau du sol, la gestion de l'eau et les pratiques culturales sont autant d'éléments qui influencent l'humidité du sol et qui sont importants pour assurer la croissance et le rendement optimal des plants d'anacardier.

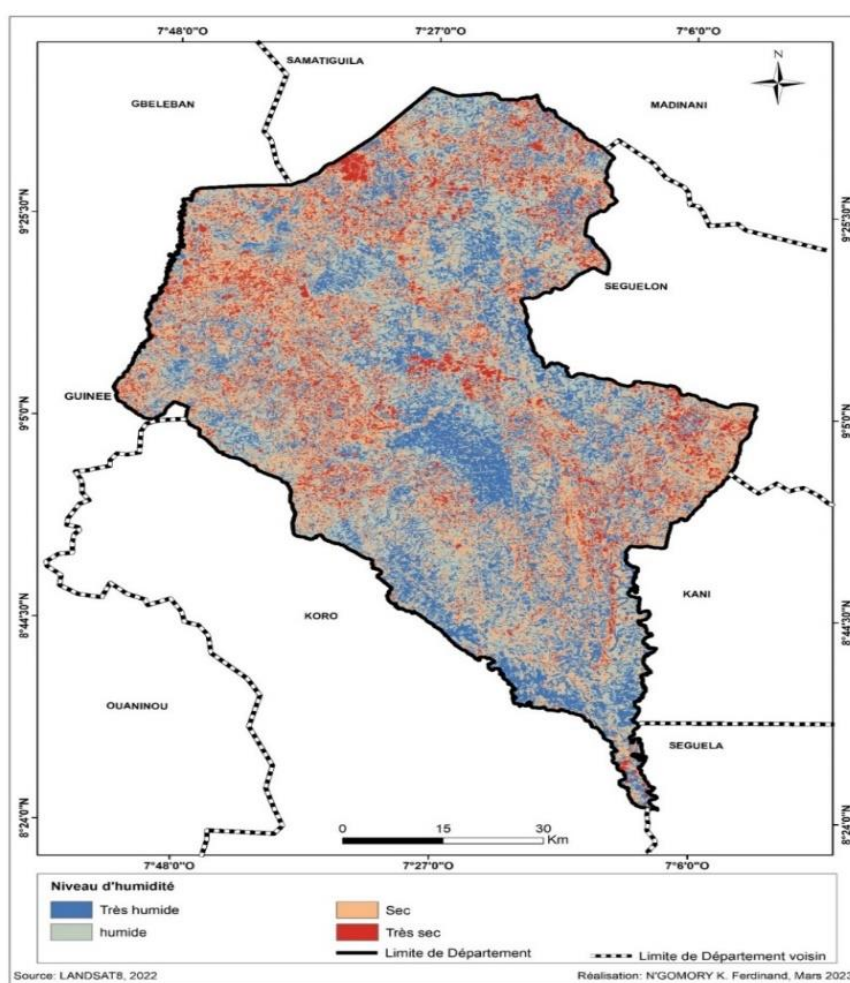


Fig. 4. Répartition de l'humidité du sol dans le Département d'Odienné

La filière anacarde joue un rôle crucial dans l'économie de la Côte d'Ivoire, à la fois au niveau local, dans les régions de production telles que le département d'Odienné, et au niveau national. La contribution de cette culture à l'économie s'étend sur plusieurs aspects: la création d'emplois, l'augmentation des revenus agricoles, la réduction de la pauvreté, le développement des infrastructures rurales, ainsi que la diversification des exportations nationales.

Les informations relatives aux rendements, aux prix moyens et aux revenus moyens de trois cultures, nous ont permis de dresser le tableau ci-après,

Tableau 2. Comparaison de la rentabilité de l’anacarde avec d’autres cultures traditionnelles

Cultures	Rendement moyen (kg/ha)	Prix moyen (FCFA/kg)	Revenu moyen (FCFA/ha)
Anacarde	800	500	400 000
Maïs	400	200	100 000
Riz	300	150	80 000

Source: CCA, 20222/Nos enquêtes, 2022

3.2 RÉSULTATS 2.

3.2.1 L’ANACARDIER, UNE CULTURE AUX OPPORTUNITES LUCRATIVES POUR LES PRODUCTEURS LOCAUX

L’anacardier offre de nombreuses opportunités lucratives pour les producteurs locaux dans le Département d’Odienné.

Nous avons par exemple pu recueillir les données relatives au coût de production moyen, au revenu moyen et à la marge bénéficiaire moyenne pour trois cultures différentes: l’anacarde, le maïs et le riz. Ceci est contenu dans le tableau qui suit.

Tableau 3. Répartition marges bénéficiaires de l’anacarde avec d’autres cultures traditionnelles

Cultures	Coût de production moyen (FCFA/ha)	Revenu moyen (FCFA/ha)	Marge bénéficiaire moyenne (FCFA/ha)
Anacarde	150 000	400 000	250 000
Maïs	100 000	250 000	150 000
Riz	120 000	280 000	140 000

Source: Nos enquêtes, 2022

Elles offrent toutes des revenus moyens élevés, ce qui se traduit par des marges bénéficiaires satisfaisantes pour les agriculteurs. En effet, l’anacarde présente un coût de production moyen de 150 000 FCFA/ha. Cependant, malgré ce coût, les agriculteurs peuvent générer un revenu moyen de 400 000 FCFA/ha, ce qui conduit à une marge bénéficiaire moyenne de 250 000 FCFA/ha.

3.2.2 REDUCTION DES ESPACES DE CULTURES VIVRIERES

L’essor de la culture de l’anacarde dans des régions comme le département d’Odienné a eu un impact significatif sur l’utilisation des terres agricoles, notamment en ce qui concerne les cultures vivrières. Cette dynamique soulève des préoccupations liées à la sécurité alimentaire et au développement rural durable, étant donné que la conversion des terres vivrières en plantations commerciales affecte directement les capacités des ménages à assurer leur autosuffisance alimentaire.

En 1989, la superficie utilisée pour la culture de l’anacarde était de 18 776,16 hectares, représentant 3,14% de la superficie totale. À cette époque, la culture de l’anacarde était déjà présente, mais elle occupait une part relativement faible des terres agricoles.

En 2002, la superficie consacrée à l’anacarde a considérablement augmenté pour atteindre 48 714,39 hectares, ce qui équivalait à 8,14% de la superficie totale. Cette période a marqué une croissance significative de la culture de l’anacarde, indiquant un intérêt croissant pour cette culture.

En 2022, la tendance à la hausse s’est poursuivie, avec une superficie de 69 157,98 hectares dédiés à l’anacarde, représentant désormais 11,17% de la superficie totale. Cette augmentation notable suggère que la culture de l’anacarde est devenue une activité agricole de plus en plus importante dans la région.

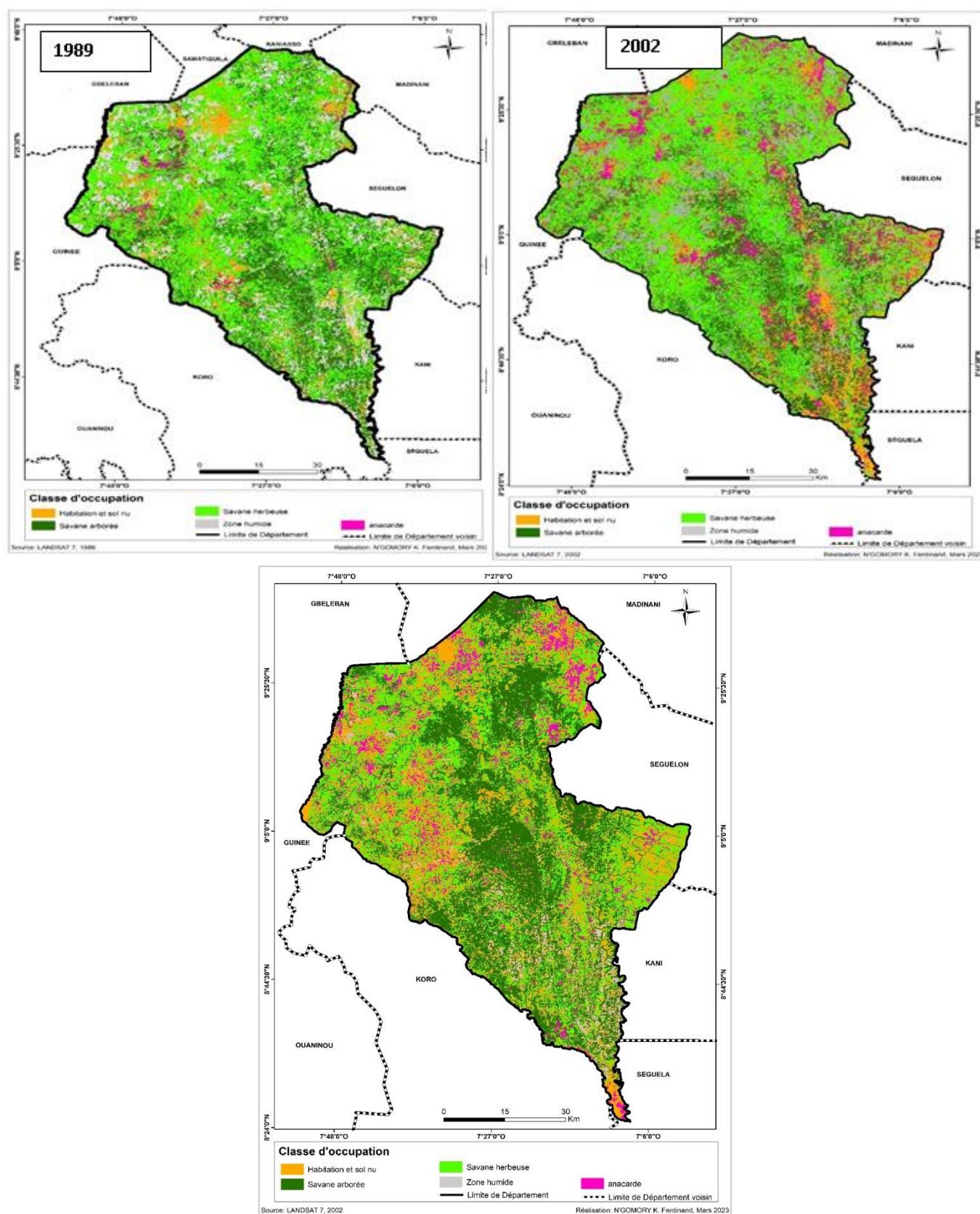


Fig. 5. a: Superficie de l'anacarde en 1989; b: Superficie de l'anacarde en 2002; c: Superficie de l'anacarde en 2022

3.2.3 UN MODE D’ACCÈS À LA TERRE FAVORABLE AU DEVELOPPEMENT DE LA CULTURE DE L’ANACARDIER DANS LE DEPARTEMENT D’ODIENNE

L’expansion rapide de la culture de l’anacarde, notamment dans des régions comme le département d’Odienné, a entraîné une augmentation de la demande pour les terres agricoles, provoquant une série de défis fonciers. Le phénomène d’accaparement des terres – défini comme l’acquisition à grande échelle de terres agricoles par des investisseurs privés ou des entreprises devient de plus en plus présent, menaçant la sécurité foncière des petits exploitants et exacerbant les conflits autour de l’accès à la terre. L’accès à la terre est un facteur déterminant dans le développement de l’agriculture, notamment dans le cas de cette culture. Dans le Département d’Odienné, il existe différents modes d’accès à la terre. Le tableau 18 présente les différents modes d’accès à la terre dans le Département d’Odienné.

Tableau 4. Répartition des différents modes d’accès à la terre dans le Département d’Odienné

Modes d’accès à la terre	Pourcentages
Héritage/transmission	70%
Location	15%
Achat	10%
Concession/Attribution	5%

Source: Nos enquêtes 2022

L’héritage et la transmission des terres agricoles restent le mode d’accès prédominant dans le Département d’Odienné pour la pratique de la culture de l’anacardier, représentant environ 70% des cas. Cela souligne l’importance de la continuité intergénérationnelle dans la pratique agricole et la transmission des connaissances liées à la culture de l’anacardier. Ensuite, la location de terres agricoles représente environ 15% des cas. Certains agriculteurs préfèrent louer des terres pour la culture de l’anacardier, ce qui leur offre une certaine flexibilité et leur permet de bénéficier de terres supplémentaires si nécessaire. L’achat de terres agricoles est une autre option, bien que moins fréquente, représentant environ 10% des cas. Certains agriculteurs peuvent choisir d’acquérir des terres pour établir leurs plantations d’anacardiers de manière permanente et sécuriser leur investissement à long terme. Enfin, la concession ou l’attribution de terres par les autorités locales représente environ 5% des cas. Dans certaines situations, les agriculteurs peuvent obtenir l’accès à des terres pour la culture de l’anacardier par le biais de concessions ou d’attributions officielles, souvent liées à des programmes de développement agricole ou de valorisation des terres. Ainsi, cela met en évidence la prévalence de l’héritage et de la transmission intergénérationnelle des terres agricoles dans le Département d’Odienné, soulignant ainsi l’importance de cette pratique traditionnelle dans le développement et la stabilité de la culture de l’anacardier. En effet, l’héritage des terres agricoles garantit la transmission des connaissances et des techniques agricoles spécifiques à la culture de l’anacardier. Les agriculteurs, en héritant des terres de leurs parents et aînés, bénéficient d’une expertise accumulée au fil des générations. Cela favorise une meilleure gestion des plantations d’anacardiers, une utilisation optimale des ressources et une adaptation aux conditions locales. De même, la transmission intergénérationnelle des terres assure une continuité dans la pratique agricole, y compris la culture de l’anacardier. Les agriculteurs ayant une longue histoire familiale dans la production d’anacarde ont acquis une expertise spécifique et ont développé des techniques adaptées aux conditions locales. Cela se traduit par une stabilité de la production et une amélioration progressive des rendements. L’héritage des terres agricoles encourage également une approche de gestion à long terme et durable de l’environnement. Les agriculteurs qui pratiquent cette arboriculture depuis plusieurs générations ont une connaissance profonde de l’écosystème local et mettent en œuvre des pratiques agricoles respectueuses de l’environnement. Ils comprennent l’importance de préserver les sols, de gérer les ressources en eau et de maintenir l’équilibre écologique. Pour terminer, l’héritage des terres agricoles, y compris celles dédiées à la culture de l’anacardier, contribue au renforcement de l’identité culturelle et communautaire des agriculteurs. Ces terres représentent un lien fort avec leurs racines, leurs traditions et leur patrimoine. L’attachement à la terre favorise également la cohésion sociale au sein des communautés agricoles, renforçant ainsi la résilience et la solidarité face aux défis auxquels ils peuvent être confrontés. Par ailleurs, il est important de noter que les pourcentages varient d’une localité à une autre comme le montre la figure 6.

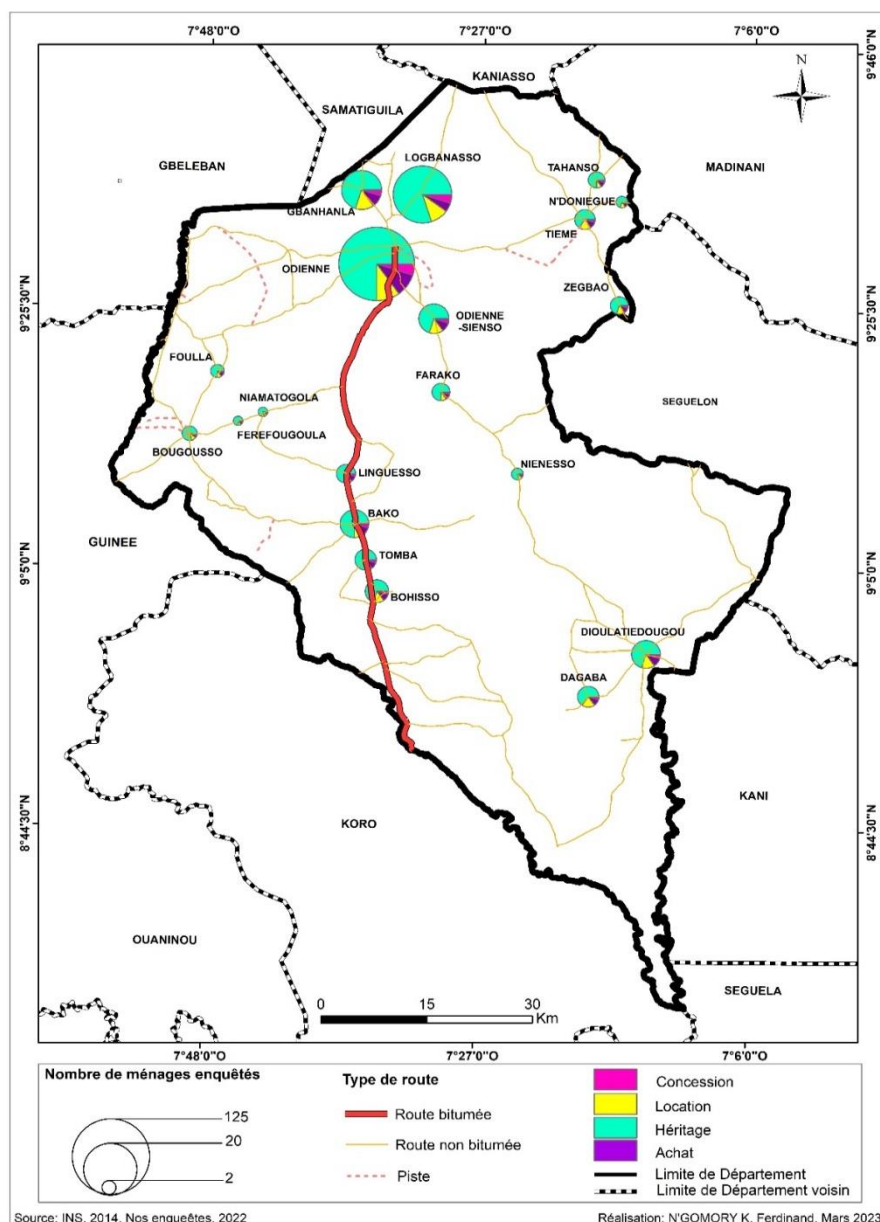


Fig. 6. Répartition des différents modes d'accès à la terre à l'échelle des localités enquêtées dans le Département d'Odienné

L'analyse de la Fig 6 met en évidence certaines similitudes et dissemblances dans les modes d'accès à la terre pour la culture de l'anacardier dans le Département d'Odienné. De manière générale dans les localités, l'accès à la terre pour la culture de l'anacardier se fait majoritairement par héritage ou transmission familiale. Cela témoigne de la valorisation de la pratique agricole au sein des familles et de la volonté de maintenir la tradition agricole d'une génération à l'autre. Les modes d'accès tels que la location, l'achat et la concession ou attribution représentent des proportions relativement similaires, généralement autour de 10% à 15% chacun. Cela suggère une diversité dans les options disponibles pour les agriculteurs qui souhaitent cultiver l'anacarde, mais sans qu'un mode particulier ne domine. Cependant, bien que l'héritage ou la transmission soit le mode d'accès principal dans la plupart des localités, on observe des variations dans les pourcentages. Certaines localités affichent des proportions plus élevées, telles que FERFOUGOULA et LOGBANASSO avec 80% d'héritage ou de transmission, tandis que d'autres présentent des pourcentages légèrement inférieurs, comme TIEME avec 65%. Ces différences sont attribuées à des facteurs locaux tels que les pratiques coutumières, les dynamiques familiales et les structures foncières spécifiques à chaque région. En outre, les pourcentages de location et d'achat de terres pour la culture de l'anacardier sont relativement bas dans toutes les localités, généralement autour de 10%. Cela est dû à la nature spécifique de cette arboriculture, qui nécessite des investissements à long terme et une gestion durable de l'arbre. Les agriculteurs préfèrent souvent avoir un accès permanent à la terre plutôt que de la louer ou de l'acheter temporairement.

Les inégalités dans la répartition des modes d’accès à la terre sont attribuées à plusieurs facteurs à savoir les traditions et coutumes locales, la structure foncière et l’accès aux ressources financières. En effet, la disponibilité et la répartition des terres agricoles peuvent varier d’une localité à l’autre. Certains endroits peuvent avoir une offre limitée de terres agricoles disponibles à la location ou à l’achat, ce qui conduit à une prévalence plus élevée de l’héritage. De même, la capacité d’acheter ou de louer des terres peut être influencée par les ressources financières des agriculteurs. Les agriculteurs ayant des ressources financières limitées peuvent être plus enclins à opter pour l’héritage/transmission plutôt que l’achat ou la location de terres.

3.3 RÉSULTAT 3

3.3.1 PERSPECTIVES POUR UNE COEXISTENCE ENTRE L’ANACARDE ET LA SECURITE ALIMENTAIRE

3.3.1.1 POLITIQUES AGRICOLES ET STRATEGIES DE DIVERSIFICATION DES CULTURES

La culture de l’anacarde a pris une place de plus en plus importante dans les régions comme le département d’Odienné, contribuant à l’économie locale mais aussi soulevant des défis en matière de diversification agricole et de sécurité alimentaire. Les politiques agricoles doivent donc s’adapter pour équilibrer l’essor des cultures de rente comme l’anacarde et la nécessité de maintenir une production vivrière suffisante. La diversification des cultures devient alors une stratégie clé pour assurer un développement agricole durable et inclusif. La diversification des cultures permet aux familles rurales de ne pas dépendre d’une seule spéculation. En cas de mauvaise récolte sur une culture donnée due à un aléa climatique ou une maladie, les autres productions permettent de compenser et d’assurer une certaine sécurité alimentaire.

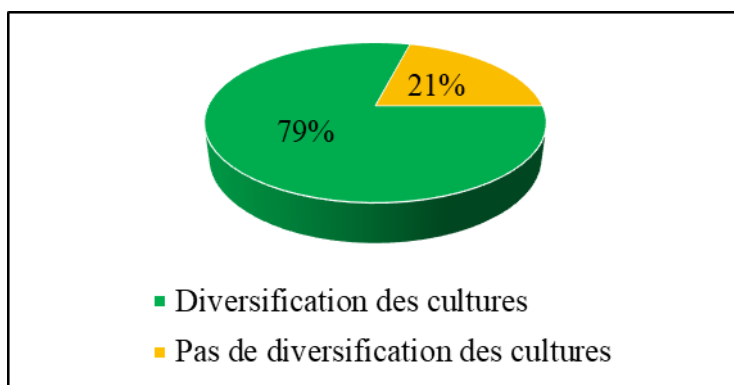


Fig. 7. Proportion des ménages selon la diversification des cultures dans le Département d’Odienné

Ces chiffres montrent que la grande majorité des agriculteurs (79 %) ont recours à la diversification de leurs cultures dans le département. C’est une proportion importante, qui démontre que cette pratique est une stratégie adoptée face aux risques d’insécurité alimentaire.

La diversification des cultures permet aux familles rurales de ne pas dépendre d’une seule spéculation. En cas de mauvaise récolte sur une culture donnée due à un aléa climatique ou une maladie, les autres productions permettent de compenser et d’assurer une certaine sécurité alimentaire. Cependant, le fait que 21% des agriculteurs ne diversifient pas leurs cultures les rendent plus vulnérables. Ces exploitants qui concentrent leurs efforts sur une monoculture, souvent l’anacardier, sont davantage exposés aux risques de mauvaises récoltes ou de fluctuations des prix de vente.

3.3.1.2 PROMOTION DE L’AGROFORESTERIE ET DE PRATIQUES AGRICOLES DURABLES

La culture de l’anacarde est en pleine expansion dans le département d’Odienné et dans d’autres régions de Côte d’Ivoire, apportant des bénéfices économiques significatifs. Cependant, cette monoculture, si elle est pratiquée sans prudence, peut engendrer des effets néfastes sur l’environnement et la sécurité alimentaire. Dans ce contexte, la promotion de l’agroforesterie et de pratiques agricoles durables apparaît comme une solution stratégique pour maximiser les bénéfices économiques tout en préservant les ressources naturelles.

3.3.1.3 RENFORCEMENT DES INFRASTRUCTURES ET DES INITIATIVES DE TRANSFORMATION LOCALE DE L'ANACARDE

L'anacarde, en tant que culture stratégique pour l'économie ivoirienne, nécessite une attention particulière en ce qui concerne son infrastructure de production et de transformation. La mise en place d'infrastructures adéquates et le soutien aux initiatives de transformation locale sont cruciaux pour maximiser les avantages économiques, créer des emplois et améliorer la valeur ajoutée de la filière anacarde. Voici une analyse des enjeux et des solutions à mettre en place pour renforcer ces aspects.

4 DISCUSSION

L'essor de la culture de l'anacarde dans le département d'Odienné met en évidence des défis importants liés à la sécurité alimentaire. Selon (), l'augmentation de la culture de l'anacarde a contribué à l'économie locale, mais elle a également réduit les surfaces agricoles destinées aux cultures vivrières. Cette spécialisation dans la monoculture expose les agriculteurs aux fluctuations des marchés mondiaux, augmentant ainsi la vulnérabilité alimentaire des ménages (4). (8) souligne que l'introduction de l'anacardier dans les années 1960 a d'abord permis une diversification des revenus. Cependant, la dépendance accrue vis-à-vis de cette culture compromet l'équilibre entre production de rente et cultures vivrières. Par conséquent, des stratégies telles que l'agroforesterie et la diversification des cultures deviennent cruciales pour assurer une sécurité alimentaire durable (7). (1) rappellent que l'anacardier, bien que non originaire de la Côte d'Ivoire, a su s'adapter aux conditions locales, devenant une culture de rente primordiale. Toutefois, selon (3), cette spécialisation dans l'anacarde entraîne une réduction des cultures vivrières, ce qui peut accentuer la vulnérabilité alimentaire. (4) constatent que la surface cultivée en anacardiers est passée de 16 685 ha en 2013 à 38 483 ha en 2015, ce qui témoigne de l'essor rapide de cette culture au détriment des terres vivrières. Pour (7), la substitution de cultures alimentaires par l'anacarde expose les agriculteurs aux aléas climatiques et aux prix fluctuants du marché international, fragilisant ainsi leur sécurité alimentaire, (8) complète cette analyse en notant que, bien que l'anacardier génère des revenus significatifs pour les producteurs, cette culture nécessite des politiques de soutien à la diversification agricole pour éviter une dépendance excessive.

5 CONCLUSION

Pour conclure, la culture de l'anacarde dans le département d'Odienné est devenue un moteur économique majeur, apportant des opportunités significatives pour les producteurs locaux et contribuant à l'économie nationale. Cependant, cette croissance rapide entraîne des défis complexes, notamment la réduction des terres pour les cultures vivrières, les tensions foncières et l'impact environnemental. Afin de concilier l'essor de l'anacarde avec la sécurité alimentaire et le développement durable, des stratégies comme la diversification agricole, l'agroforesterie, et l'amélioration des infrastructures de transformation s'avèrent indispensables. Ces mesures permettront de renforcer la résilience des communautés agricoles tout en préservant les écosystèmes locaux et en assurant une stabilité économique à long terme.

REFERENCES

- [1] GUY MODESTE GNAHOUA, DOMINIQUE LAUPPE : *la culture de l’anacardier en Côte d’Ivoire* p10.
- [2] ZAGBAI H., Berti F., Lebaillly., 2006, « Impact de la dynamique cotonnière sur le développement rural. Etude de cas de la région de Korhogo, au Nord et au centre de la Côte d’Ivoire », in *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 10 (4), pp 325-334.
- [3] KOUASSI Kobenan Christian Venance « exploitation aurifère et sécurité alimentaire dans la sous-préfecture de Hiré » 262p
- [4] AGOUALE Yao Julien, VEI Kpan Noël ET AFFRO Mathie « Jonasse : pressions *anthropiques* et *dynamique* du couvert végétal dans le Département d’Odienné » 86p.
- [5] KOFFI YAO JEAN JULIUS, 2005, Impacts socio-économique et écologique de la culture de l’anacarde dans la région du Zanzan (Nord-est de la Côte d’Ivoire) p6.
- [6] KONE KOROTOUM BRAHIMA, 2018 : Ecotourisme et conservation des forêts du complexe Nzi *River Lodge* dans le département de Bouaké 159 p.
- [7] AHOUSI N’Guessan Maxime 2015 « la contribution de la culture de l’igname a la sécurité alimentaire dans la sous-préfecture de dimbokro » 110 p
- [8] GUY Modeste Gnahoua, DOMINIQUE Lauppe : *la culture de l’anacardier en Côte d’Ivoire* p10.
- [9] OUATTARA Z. I., 2012, suivi par télédétection de l’évolution des formations végétales et du stock de carbone dans la réserve de faune d’Abokouamekro en vue de son intégration dans le mécanisme de réduction de gaz à effet de serre dus à la déforestation et à la dégradation des forêts (Redd+), Mémoire de Master en agronomie, École supérieure d’agronomie, Institut National Polytechnique HB de Yamoussoukro, Côte d’Ivoire, 87 p.
- [10] OUATTARA NANFOUNGO 2012 : acteur et dynamique de la filière anacarde dans le développement économique et social du département d’Odienné p13
- [11] N’GOMORY KONE FERDINAND, 2020: « l’essor de la culture de l’anacarde et sécurité alimentaire dans la sous-préfecture d’Odienné », 210p

Evaluation de l'impact de l'intégration de la biomasse de *Chromolaena odorata* sur le rendement du maïs dans les sols de la région de Daloa, centre-ouest de la Côte d'Ivoire

[Evaluation of the impact of integrating *Chromolaena odorata* biomass on maize yield in soils of the Daloa region, central-western Côte d'Ivoire]

Konan Kouamé Firmin, Bayala Roger, Tokpa Lisette Zeh, Kouadio Koffi Hypolith, and Bakayoko Sidiky

Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Agroforesterie, Département d'Agro-pédologie, Laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole, Daloa, Côte d'Ivoire

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: *Chromolaena odorata*, an invasive plant of the Asteraceae family, is widespread in Africa, particularly in Côte d'Ivoire, where it poses significant challenges to agricultural systems by competing with crops for essential resources. However, this plant also offers ecological and agronomic benefits when integrated into sustainable agricultural practices. It can enrich soils with essential nutrients, such as calcium, and promote soil alkalization. Additionally, its dense biomass helps control weeds and prevent soil erosion. These underutilized characteristics warrant further investigation into its integration within sustainable agriculture. To this end, an agronomic trial was conducted in Daloa to assess the impact of *C. odorata* biomass on maize cultivation. Four treatments were tested in a Fisher block design: (i) *C. odorata* alone (Co), (ii) *C. odorata* with standard mineral fertilizer (CoNPK), (iii) standard mineral fertilizer alone (NPK), and (iv) a control with no treatment (T0). The results showed that the *C. odorata* alone treatment yielded the highest grain outputs, closely followed by the use of standard mineral fertilizer. In contrast, the control treatment produced the lowest yields, and the combination of *C. odorata* and mineral fertilizers resulted in yields lower than those from *C. odorata* alone. It is recommended to integrate *C. odorata* as a biofertilizer in sustainable agricultural systems due to its economic and ecological benefits. Further studies are required to define an optimal technical pathway for its use, assess its long-term effects on soils, and determine its potential to enhance crop profitability.

KEYWORDS: agriculture, biofertilizer, biomass, *Chromolaena odorata*, ecological, mineral fertilizer, yields.

RESUME: *Chromolaena odorata*, une plante invasive de la famille des Asteraceae, est largement présente en Afrique, notamment en Côte d'Ivoire, où elle pose des problèmes dans les systèmes agricoles en concurrençant les cultures pour les ressources essentielles. Cependant, cette plante offre aussi des avantages écologiques et agronomiques lorsqu'elle est intégrée dans des pratiques agricoles durables. Elle peut enrichir les sols en éléments nutritifs, tels que le calcium, et favoriser l'alkalinisation des sols. De plus, sa biomasse dense aide à contrôler les mauvaises herbes et à prévenir l'érosion des sols. Ces caractéristiques sous-exploitées justifient une exploration plus approfondie de son intégration dans l'agriculture durable. Dans cette optique, un essai agronomique a été mené à Daloa pour évaluer l'impact de la biomasse de *C. odorata* sur la culture de maïs. Quatre traitements ont été testés en block de Fisher: (i) *C. odorata* seul (Co), (ii) *C. odorata* avec engrais minéral standard (CoNPK), (iii) engrais minéral seul (NPK), et (iv) témoin sans traitement (T0). Les résultats ont montré que le traitement *C. odorata* seul a donné les meilleurs rendements en grain, suivis de près par l'utilisation d'engrais minéraux standard. En revanche, le traitement témoin a produit les rendements les plus faibles, et la combinaison de *C. odorata* et d'engrais minéraux a donné des rendements inférieurs à ceux de *C. odorata* seul. Il est recommandé d'intégrer *C. odorata* comme biofertilisant dans les systèmes agricoles durables, en raison de ses avantages économiques et écologiques. Des études supplémentaires sont nécessaires pour définir un itinéraire technique optimal pour son utilisation, évaluer ses effets à long terme sur les sols, et déterminer son potentiel pour améliorer la rentabilité des cultures.

MOTS-CLEFS: agriculture, biofertilisant, biomasse, *Chromolaena odorata*, écologiques, engrais minéral, rendements.

1 INTRODUCTION

La Côte d'Ivoire, nation à forte vocation agricole, se trouve confrontée à des défis majeurs liés à la dégradation des sols, à la diminution des rendements agricoles et à la pression croissante de la population [1]. Le maïs (*Zea mays*), culture vivrière fondamentale, est particulièrement vulnérable à ces contraintes. La région de Daloa, qui représente une zone agricole stratégique de la Côte d'Ivoire, voit ses cultures vivrières telles que le maïs, le manioc et le riz jouer un rôle central dans l'économie locale [2]. Toutefois, ces dernières années, les rendements des cultures ont diminué en raison de divers facteurs, parmi lesquels figurent l'érosion des sols, le lessivage des nutriments, la faible fertilité des sols et la pression exercée par les mauvaises herbes [3]. Bien que la fertilisation minérale soit couramment utilisée, elle ne constitue pas une solution durable, en raison des effets environnementaux à long terme qu'elle peut induire, tels que la pollution des eaux souterraines et la dégradation de la biodiversité [4]. Dans ce contexte, l'intégration de matières organiques, telles que la biomasse de *Chromolaena odorata*, pourrait offrir des avantages agronomiques notables. En effet, dans la région de Daloa, située dans le centre-ouest du pays, cette plante invasive, originaire d'Amérique centrale, est particulièrement abondante [5]. Bien qu'elle soit souvent perçue comme nuisible en raison de sa compétition pour les ressources, notamment l'eau et la lumière, *C. odorata* présente un potentiel agronomique prometteur en améliorant la fertilité des sols, en contribuant à leur enrichissement organique et en luttant contre l'érosion [6], [7]. L'intégration de *C. odorata* dans les systèmes agricoles, en tant qu'amendement organique ou couverture végétale, pourrait ainsi constituer une solution durable pour améliorer la fertilité des sols tout en contrant les effets néfastes des espèces invasives. Plusieurs études ont démontré que la biomasse de *C. odorata* peut avoir un impact positif sur la fertilité des sols, en améliorant leur structure et en réduisant le lessivage des éléments nutritifs [8], [9]. Cependant, les connaissances sur son effet direct sur les rendements du maïs dans le contexte spécifique de Daloa demeurent limitées, ce qui justifie la réalisation de cette étude. L'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'impact de l'intégration de la biomasse de *C. odorata* sur la fertilité des sols et le rendement du maïs dans la région de Daloa. Plus précisément, l'étude vise à évaluer l'impact de cette biomasse sur le rendement du maïs en comparaison avec les pratiques de fertilisation minérale actuelles.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1 SITE DE L'ÉTUDE

L'étude a été menée à Zépréghuè, un village situé dans la région du Haut-Sassandra, dans la zone de Daloa, en Côte d'Ivoire, entre 6°22'18" Ouest et 6°54'09" Nord, à une altitude de 250 mètres. Les sols de cette région sont principalement des ferrallitiques remaniés sur les plateaux, tandis que des sols hydromorphes se trouvent dans les bas-fonds [10]. Selon [11], on y rencontre des Plinthic Lixisols sur les sommets et mi-versants, des Plinthic Arenosols sur les bas-versants et des Fluvisols dans les bas-fonds. Le climat de Zépréghuè est de type tropical, caractérisé par une saison sèche et chaude s'étendant de novembre à février, suivie d'une saison pluvieuse de mars à octobre. La pluviométrie annuelle varie entre 1000 et 1400 mm, tandis que la température moyenne mensuelle oscille entre 24,7°C en août, mois le plus frais, et 27,8°C en février, mois le plus chaud. Ces caractéristiques climatiques et pédologiques exercent une influence directe sur les pratiques agricoles de la région.

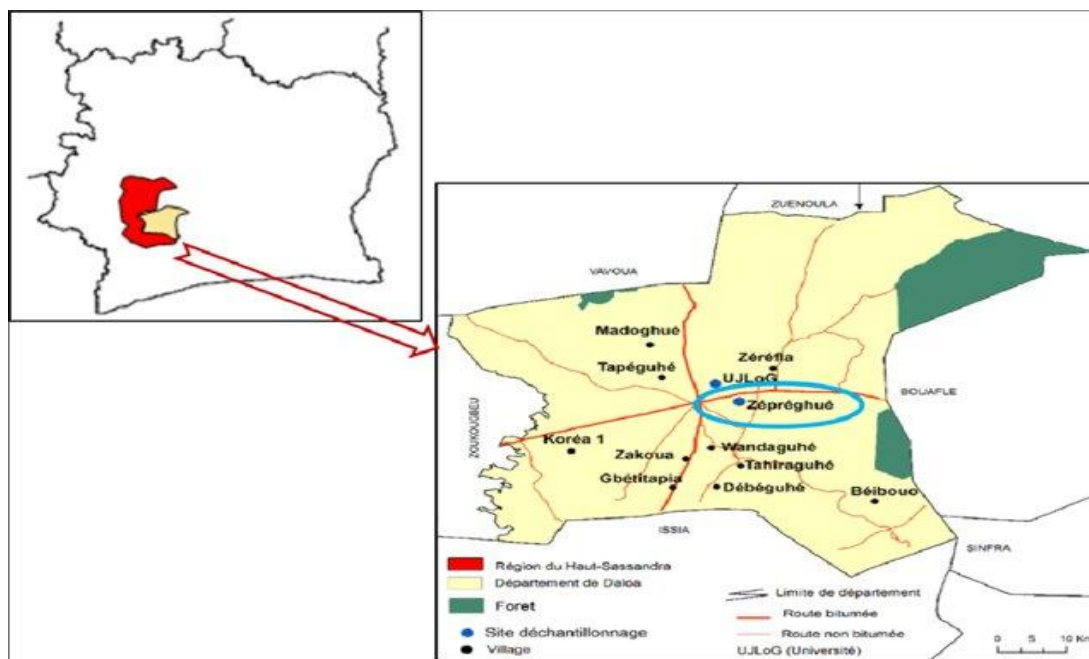


Fig. 1. Site de l'étude

2.2 MATÉRIEL VÉGÉTAL

2.2.1 SEMENCE DE MAÏS

Le matériel végétal utilisé est constitué de semences de maïs LG-501, une variété hybride développée par la société SEMIVOIRE. Cette variété se distingue par sa floraison précoce, survenant à 60 jours, et sa maturité rapide, généralement entre 105 et 110 jours, ce qui permet de la cultiver dans des cycles agricoles courts. Elle présente un rendement potentiel de 6 à 8 tonnes par hectare, en fonction des conditions de culture. Les grains de LG-501, de couleur jaune-orangé et semi-cornés (voir Figure 2), sont non seulement faciles à moudre, mais également riches en acides aminés, ce qui les rend adaptés à l'alimentation tant humaine qu'animale. Par ailleurs, cette variété est particulièrement appréciée pour sa résistance à la rouille et aux maladies des feuilles, ce qui en fait un choix particulièrement robuste pour les producteurs de maïs [12].



Fig. 2. Semence de maïs utilisée

2.2.2 INTRANTS

Les intrants sont constitués d'une fumure minérale et fumure organique.

L'engrais minéral employé est le NPK 15-15-15, largement utilisé et standardisé dans les cultures de maïs en Côte d'Ivoire. Cet engrais est particulièrement recommandé et couramment appliqué dans la culture du maïs à la dose de 300 kg ha⁻¹.

La fumure organique appliquée est composée de la biomasse de *Chromolaena odorata*, qui est coupée, hachée et ensuite épandue sur la parcelle (figures 4a, b et c).



Fig. 3. Fumure minérale utilisée



Fig. 4. A : pesée de la biomasse de *C. odorata* ; B : hachage de la biomasse de *C. odorata* ; C : épandage de la biomasse de *C. odorata*

2.3 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le dispositif expérimental (figure 5) a été conçu selon un plan de Fisher entièrement randomisé et couvre une superficie totale de 1298 m². Cette zone a été répartie en quatre blocs, espacés de 3 mètres. Chaque bloc, mesurant 12 m x 10 m (soit 120 m²), a été subdivisé en quatre parcelles élémentaires, chacune séparée par 2 mètres, avec une superficie de 20 m² (4 m x 5 m). Chaque parcelle élémentaire a reçu l'un des quatre traitements suivants:

- *Chromolaena odorata* (Co) seule, à une dose de 9,8 kg ha⁻¹;
- *Chromolaena odorata* associé à l'engrais chimique NPK 15-15-15 couramment utilisé (Co+NPK),
- Engrais chimique NPK 15-15-15 appliqué seul à raison de 300 kg ha⁻¹,
- Témoin absolu (T0).

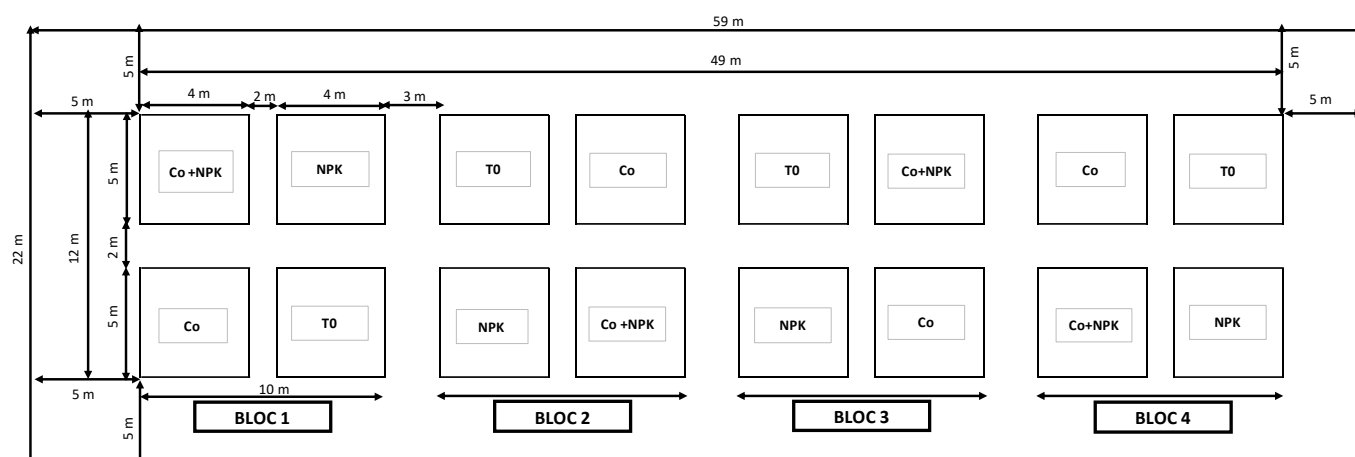


Fig. 5. Dispositif expérimental

2.3.1 DISPOSITIF DE SEMIS DU MAÏS

Le semis a été réalisé conformément à la méthode décrite par [13], avec un espacement de 80 cm entre les lignes et 40 cm entre les poquets. Il a été effectué à une profondeur de 4 à 5 cm, avec 2 graines par poquet. 21 jours après le semis, chaque poquet a été réduit à un seul plant, permettant ainsi d'obtenir 60 plants de maïs par micro-parcelle, soit un total de 960 plants sur l'ensemble de la parcelle.

2.3.2 PARAMÈTRES AGROMORPHOLOGIQUES

Les paramètres évalués comprenaient la hauteur des plants et le rendement. La hauteur des plants a été mesurée du sol à la pointe de la tige à l'aide d'un ruban, et cette mesure a été répétée à différents stades de développement pour suivre l'évolution de la croissance. Le rendement grain a été calculé par la suite.

3 RÉSULTATS

3.1 EFFET DES TRAITEMENTS SUR LA HAUTEUR DU MAÏS

L'évolution des hauteurs moyennes des plants de maïs en fonction des dates de mesure révèle, à travers les courbes distinctes, une croissance continue pour tous les traitements au cours du cycle de culture. Jusqu'au 25e jour, aucune différence significative n'est observée entre les traitements, et cela se poursuit jusqu'au 32e jour. Les plants ayant reçu la biomasse de *Chromolaena odorata* ont présenté les hauteurs les plus élevées, atteignant entre 20 et 160 cm jusqu'à la fin du cycle. Les plants des parcelles témoins ont enregistré les plus faibles hauteurs, variant de 20 à 140 cm à partir du 32e jour jusqu'à la fin du cycle. Le traitement avec engrais minéral a conduit à une croissance intermédiaire, avec des hauteurs variant de 20 à 150 cm (figure 6).

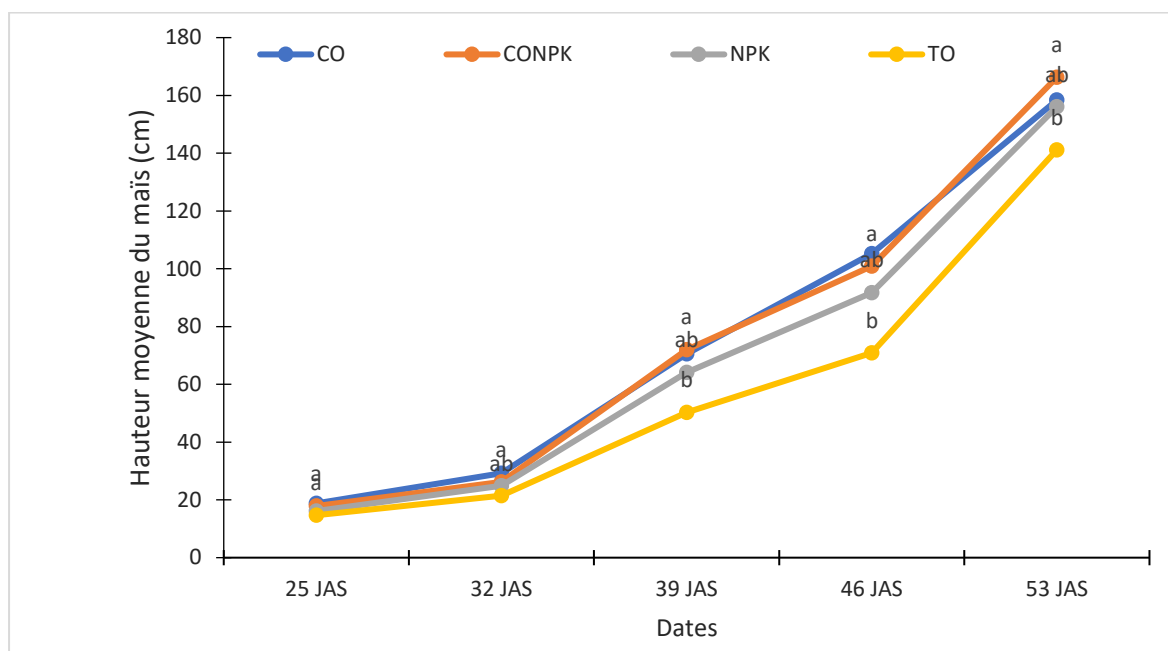


Fig. 6. Effet des traitements la hauteur des plants du maïs

Pour chaque traitement, les moyennes portant la même lettre ne présentent pas de différence significative au seuil de 5 %. CO = apport de la biomasse de *Chromolaena odorata*; CONPK = apport de la biomasse de *Chromolaena odorata* combinée à de l'engrais chimique (NPK 15-15-15); NPK = Engrais chimique (NPK 15-15-15); TO = témoin absolu.

3.2 EFFET DES TRAITEMENTS SUR LE RENDEMENT DU MAÏS

Les rendements moyens du maïs par traitement sont présentés dans le tableau 1.

L'analyse de la variance révèle une différence hautement significative entre ces rendements ($P = 0,0000$). Le traitement avec *Chromolaena odorata* (CO) obtient le rendement le plus élevé, avec une moyenne de $245,21 \pm 41$ g, suivi de près par le traitement associant l'engrais chimique NPK 15-15-15 (CONPK), avec une moyenne de $232,1 \pm 39,3$ g, et celui de l'engrais chimique seul (NPK 15-15-15), avec une moyenne de $225,6 \pm 39$ g. En revanche, le traitement témoin (TO) enregistre le rendement le plus faible, avec une moyenne de $190,3 \pm 55$ g.

Tableau 1. Rendements moyens du maïs par traitement

Traitements	Rendements (tha ⁻¹)
CO	7,74a
CONPK	6,75ab
NPK	5,82b
TO	4,43c
P > F	0,0001

Les valeurs portant les mêmes lettres ne diffèrent pas de manière significative, tandis que celles portant des lettres différentes sont statistiquement différentes au seuil de 5 %. CO = apport de la biomasse de *Chromolaena odorata*; CONPK = apport de la biomasse de *Chromolaena odorata* combinée à de l'engrais chimique (NPK 15-15-15); NPK = Engrais chimique (NPK 15-15-15); TO = témoin absolu.

4 DISCUSSION

Cette étude, visant à évaluer l'impact de l'intégration de la biomasse de *Chromolaena odorata* sur le rendement du maïs dans les sols de la région de Daloa, située au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, a permis de démontrer l'influence favorable de cette biomasse sur la hauteur des plants et le rendement du maïs. En effet, l'évolution des hauteurs moyennes des plants de maïs, en fonction des dates de semis, révèle, à travers les différentes courbes observées, une augmentation progressive de la hauteur des plants au cours du cycle végétatif. L'analyse de la variance a mis en évidence une différence statistiquement significative entre les traitements à partir du 25e jour après semis (JAS). Les plants de maïs ayant bénéficié du traitement à base de la biomasse de *Chromolaena odorata* (CO) ont affiché les

valeurs les plus élevées en termes de hauteur, et ce, jusqu'à la fin du cycle végétatif. En revanche, les plants des parcelles témoins ont montré les valeurs de hauteur les plus faibles à toutes les dates de semis, jusqu'à la fin du cycle. Quant au traitement à base d'engrais minéral couramment utilisé (NPK 15-15-15), bien qu'il ait favorisé une croissance supérieure à celle des parcelles témoins, il n'a pas atteint les performances des traitements utilisant la biomasse de *Chromolaena odorata*. Ces résultats confirment l'importance de l'apport nutritionnel de cette plante et son impact bénéfique sur la fertilité physique des sols. Il convient de souligner que *Chromolaena odorata* est largement reconnue pour sa capacité à restituer des macronutriments essentiels tels que l'azote, le phosphore et le potassium [14]. En particulier, l'azote, qui constitue le nutriment primordial pour le développement végétatif des plantes [15], joue un rôle fondamental dans plusieurs processus biologiques. Il est essentiel à la formation des protéines, composées d'acides aminés, qui sont indispensables à la croissance cellulaire, à la formation d'enzymes et à la régulation des processus biochimiques dans la plante [16]. L'azote participe également à la synthèse de la chlorophylle, optimisant ainsi l'efficacité de la photosynthèse et favorisant la croissance des plantes [17]. De plus, il est impliqué dans la croissance des tissus végétatifs, en particulier dans la formation de nouvelles feuilles, et une carence en azote peut entraîner un ralentissement de la croissance, ainsi qu'une décoloration des feuilles, appelée chlorose [18]. L'azote contribue également à l'accumulation de la biomasse, favorisant le développement des racines, des tiges et des feuilles, ce qui permet d'augmenter la masse totale de la plante [19]. Enfin, il influence la régulation hormonale, notamment en modifiant la production d'auxines, des hormones végétales qui régulent la croissance des racines et des tiges [20]. Les résultats les plus élevés obtenus avec le traitement à base de *Chromolaena odorata* seule, ainsi que la combinaison de cette biomasse avec le NPK, soulignent l'importance de la restitution des nutriments présents dans cette biomasse pour la fertilité des sols, comme l'ont démontré [14]. De plus, l'association avec l'engrais NPK présente un avantage considérable, car l'azote, le phosphore et le potassium sont des éléments essentiels à la production des cultures, notamment du maïs [21]. En ce qui concerne les rendements, les différents traitements ont exercé une influence significative sur le rendement du maïs. Le rendement le plus élevé a été obtenu avec le traitement exclusif à la biomasse de *Chromolaena odorata* (CO), mettant en évidence l'intérêt agronomique de cette espèce végétale en tant qu'amendement organique naturel. Ces résultats sont en adéquation avec ceux rapportés par [22], qui ont observé que l'application de la biomasse de *Chromolaena odorata* permet d'augmenter le rendement du maïs, d'améliorer les teneurs en phosphore des sols, ainsi que la productivité des ferralsols dégradés. Il convient de noter que le phosphore, en tant que composant clé des nucléotides, joue un rôle crucial dans la division cellulaire, la croissance des plantes et le développement des graines, notamment en facilitant la réplication génétique nécessaire au développement embryonnaire [23]. De plus, le phosphore est un élément central des phospholipides, qui constituent les membranes cellulaires et sont essentiels à la formation des cellules en développement, notamment pendant le remplissage des graines [24]. Les rendements obtenus grâce à la combinaison de *Chromolaena odorata* avec l'engrais chimique NPK 15-15-15 sont légèrement inférieurs à ceux observés avec le traitement exclusif à la biomasse de *Chromolaena odorata*, ce qui peut s'expliquer par le fait que l'ajout d'un amendement organique comme la biomasse de *Chromolaena odorata* en combinaison avec un engrais minéral contribue à la fois à améliorer les rendements et le développement végétal. Ces résultats rejoignent ceux de [25], qui ont également souligné l'impact positif de la combinaison de *Chromolaena odorata* et du NPK sur les rendements en grains du maïs.

5 CONCLUSION

Cette étude a mis en lumière l'impact bénéfique de l'intégration de la biomasse de *Chromolaena odorata* sur le rendement du maïs dans la région de Daloa, située dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. Les résultats obtenus indiquent que l'utilisation de cette biomasse en tant qu'amendement organique favorise la croissance des plants de maïs, augmentant ainsi leur hauteur et, par conséquent, leur rendement. L'analyse de la variance a révélé des différences significatives entre les traitements dès le 25^e jour après semis, avec les plants ayant reçu la biomasse de *Chromolaena odorata* présentant les plus grandes hauteurs tout au long du cycle végétatif. Le rendement le plus élevé a été enregistré dans le traitement utilisant exclusivement la biomasse de *Chromolaena odorata*, suivi de son association avec l'engrais minéral couramment employé. En revanche, le traitement avec l'engrais minéral seul a donné des résultats inférieurs à ceux des deux traitements précédemment mentionnés, bien qu'il ait surpassé le témoin. Ces résultats suggèrent que la biomasse de *Chromolaena odorata* enrichit les sols en éléments nutritifs essentiels, tels que l'azote, le phosphore et le potassium, ce qui contribue à une amélioration notable de la fertilité du sol. De plus, l'association de *Chromolaena odorata* avec l'engrais NPK a montré des effets positifs sur la fertilité du sol, bien que les rendements n'aient pas excédé ceux obtenus avec l'amendement organique seul. Cette étude met en évidence que l'utilisation de la biomasse de *Chromolaena odorata* constitue une alternative agronomique prometteuse pour améliorer la productivité du maïs en Côte d'Ivoire, en contribuant à la fois à l'enrichissement des sols et à l'augmentation des rendements. L'intégration de *Chromolaena odorata* dans les systèmes de production de maïs devrait être encouragée, notamment pour pallier les défis liés à la cherté et à la rareté des engrais chimiques. Il serait également pertinent d'examiner sa capacité de séquestration du carbone dans le sol, afin d'évaluer son potentiel dans l'atténuation du réchauffement climatique.

REFERENCES

- [1] Milhorance, C., Di Roberto, H., Kouadio, R., and Tano, K. P., Dynamiques institutionnelles relatives à la conservation et la restauration des sols et paysages post-forestiers en Côte d'Ivoire, 2024.
- [2] Tano, A. M., Crise cacaoyère et stratégies des producteurs de la sous-préfecture de Méadji au Sud-Ouest ivoirien, 2012.
- [3] Citeau, L., Bispo, A., Bardy, M., and King, D., *Gestion durable des sols. Quae*, 2008.
- [4] Mouilah Mohammed, A., Kalloum, S., and nasri, B., Evaluation de la contamination des eaux souterraines de la région d'adrar par les intrants agricoles, 2019.
- [5] Maroun, L., Étude de la perception des mauvaises herbes et des espèces végétales exotiques par la population des milieux agricoles en Côte d'Ivoire, l'exemple de *Chromolaena Odorata*, 2017.
- [6] R. Muniappan, A. Teshome and G. V. P. Reddy, «*Chromolaena odorata*: A threat to African agriculture,» *Invasive Plant Science and Management*, 2 (3), 241-249, 2005.
- [7] J. Audru, R. O'Neill and M. Bouan, «Impact de *Chromolaena odorata* sur l'érosion du sol et la structure du sol, » *Soil Science Journal*, 58 (2), 221-229, 1988.
- [8] L. Mollard, «Les effets écologiques de *Chromolaena odorata* sur les systèmes agricoles,» *Revue d'Ecologie et de Botanique*, 28 (4), 415-422, 1993.
- [9] R. Forest, «Effets de *Chromolaena odorata* sur la fertilité du sol et l'enrichissement en calcium, » *Agroforestry Systems*, 15 (4), 195-204, 1991.
- [10] F.G.B. Zro, A.M. Guéi, Y.K. Nangha, D. Soro and S. Bakayoko, «Statistical approach to the analysis of the variability and fertility of vegetable soils of Daloa (Côte d'Ivoire),» *African Journal of Soil Science*, 4: 328-338, 2016.
- [11] K.F. Konan, K.R. N'ganzoua, R.A. Bayala, Ouattara, A.H.D. Abobi, K.C. Kouadio, D. Soro, G. F. Z. Bi, B. Koné and S. Bakayoko, «Morphopedological characteristics and physical potential of Zépréguhé Soils in Daloa Region, Centre West, Côte d'Ivoire,» *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 15 (2), 598-605, 2022.
- [12] Seed Co West & Central Africa, *Maïs Jaune LG501: fiche technique*, 2022.
[Online]: <https://www.seedcogroup.com/weca/pdf/Yellow%20Maize%20LG501%20FR.pdf> (Janvier 2025).
- [13] Akanvou et al. (2006).
- [14] Rieux, C., Rendement et qualité du blé panifiable soumis à divers types de fertilisation azotée dans deux sols contrastants, 2012.
- [15] J. Smith, T. Williams and M. Edwards, «L'azote et la synthèse des protéines dans les plantes,» *Plant Biotechnology*, 18 (4), 134-145, 2010.
- [16] L. Johnson, A. Martin and J. Peters, «Le rôle de l'azote dans la photosynthèse et la croissance végétale,» *Plant Science Research*, 42 (3), 87-95, 2015.
- [17] Brown, B., Smith, C., & Davis, D. (2012). Effets de l'azote sur la croissance des cultures. *Journal of Plant Nutrition*, 35 (4), 45-59.
- [18] P. Miller and X. Zhang, «La gestion de l'azote et son impact sur la biomasse des cultures,» *Agronomy Review*, 53 (1), 78-90, 2018.
- [19] R. Davis and L. Thompson, «Régulation hormonale et métabolisme des plantes sous stress azoté,» *Plant Physiology Journal*, 29 (2), 112-121, 2014.
- [20] Marschner, H., *Mineral nutrition of higher plants* (3rd ed.). Academic Press, 2012.
- [21] E. Sánchez, F. López and J. Herrero, «Phosphorus and lipid metabolism during seed filling,» *Journal of Plant Science*, 43 (6), 112-120, 2009.

Conservation et pratiques locales dans la gestion des ressources forestières aux alentours du Mont Bero

[Conservation and local practices in the management of forest resources around Mont Bero]

Jean Pierre Mathieu Lamah¹, Koffi Guy Amoatta², and Silvestre Kouamé Kouassi³

¹Département de Géographie, Université de Sonfonia, Conakry, Guinée

²Département de Géographie, Université de Kindia, Kindia, Guinée

³Département de Géographie, Université Alassane Ouattara, Bouaké, Côte d'Ivoire

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 paper focuses on the strategies used by local people to manage the natural resources around the Mont Béro classified forest in Nzérékoré. This management is marked by the authorities teaching reforestation techniques to farmers. At the same time, these farmers have their own methods for managing natural resources, either through the practice of agricultural fallowing or through the creation and protection of village areas. This strategy gives them access to non-timber and timber resources to meet their needs. However, the arrival of cattle breeders in the area complicates the management of these protected areas.

KEYWORDS: Natural resources, management, agriculture, cattle farming, mont Béro.

RESUME: Ce papier met l'accent sur les stratégies entreprises par les populations pour la gestion des ressources naturelles aux alentours de la forêt classée du Mont Béro situé à Nzérékoré. Cette gestion est marquée par l'apprentissage des techniques de reboisement aux paysans par les autorités. Parallèlement, ces paysans disposent de leurs propres méthodes de gestion des ressources naturelles soit par la pratique de la jachère agricole soit par la création et la protection des aires villageoises. Cette stratégie permet d'avoir accès aux ressources non ligneuses et ligneuses afin de subvenir à leurs besoins. Cependant, l'arrivée des éleveurs de bovins dans la zone complique la gestion de ces aires protégées.

MOTS-CLÉS: Ressources naturelles, gestion, agriculture, élevage, mont Béro.

1 INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE GÉNÉRAL DE L'ÉTUDE

La République de Guinée dispose d'importantes Ressources Naturelles connue sous le nom de château d'eau de l'Afrique Occidentale. Ces ressources naturelles contribuent significativement à son développement socioéconomique. Pour celle de la Guinée forestière, elle est couverte de nombreuses Montagnes. Ces massifs forestiers présentent une diversité unique de grandes forêts dans la région. La forêt classée du Mont Béro qui fait l'objet de la présente étude et tenant compte des conditions très particulière du milieu qui découlent de sa situation géographique et des emprises humaines qu'y prévalent. Elle suit un principe d'assurer la pérennité du patrimoine national des ressources renouvelables.

La destruction de la couverture boisée ne conduit pas seulement à la perte d'écosystèmes importants et à l'appauvrissement de la diversité biologique de ceux qui existent, mais elle constitue une sérieuse dégradation de l'ensemble des ressources renouvelables du pays et une très dommageable réduction de son potentiel naturel de production.

La Guinée forestière n'échappe pas à ce constat, c'est pourquoi les derniers massifs de forêts denses humides, lesquels constituent la limite septentrionale de la forêt qui couvrait originellement le Libéria et le Sud de la Côte d'Ivoire, seront ciblés pour des actions de protection et de restauration de leurs richesses naturelles. Ces massifs de forêts accrochées aux reliefs de la Guinée forestière (Mont Nimba; Mont Béro, de pic de Fon, le massif de Ziama et de Diécké) constituent les derniers témoins de la forêt originelle face à l'anthropisation générale des zones périphériques et à l'avancée des phénomènes de savanisation en provenance du Nord. Château d'eau de la région, ils contribuent aussi au maintien et à la régularisation d'un réseau hydrographique intense.

Ces massifs forestiers présentent une diversité unique dans la région, tant sur le plan végétal qu'animal. Ainsi, on trouve encore en Guinée forestière, certaines essences de bois d'œuvre disparues ailleurs en raison de la surexploitation, de même qu'on y a prouvé la présence de plusieurs espèces animales et végétales devenues rares, à l'aire de distribution réduite et/ou menacées d'extinction [1].

Par ailleurs, l'ordre de la nature est affecté par l'activité humaine. Des activités comme l'agriculture ont des répercussions écologiques qui modifient les processus naturels, processus qui eux-mêmes maintiennent la vie sur terre [2].

La République de Guinée n'échappe pas à ce constat de déboisement plus particulièrement celui du Mont Béro. Des lors, la Guinée a instauré une politique de création des parcs nationaux depuis 1985 afin de sauvegarder les ressources édaphiques et la biodiversité. Cette action, de sauvegarde ne s'étant arrêté, est en harmonie aujourd'hui avec les Objectifs du Développement Durable (ODD) prônés par les Nations Unies (ONU). Les ODD doivent être atteints par tous les États membres de l'ONU d'ici à 2030. Cela signifie que tous les pays sont appelés à relever conjointement les défis urgents de la planète [3]. C'est dans ce contexte que s'inscrit ce papier de « Dynamique d'intégration des processus de conservation et des pratiques locales et modernes dans la gestion des ressources forestières du Mont Béro ».

1.2 PRESENTATION DE LA FORET CLASSEE DU MONT BERO

La République de Guinée est située au sud-ouest de l'Afrique Occidentale entre 7°05 et 12°51 de latitude Nord et 7°30 et 15°10 de longitude ouest [4]. La Guinée compte 156 forêts classées d'une superficie totale de 1.186.611,4 hectares.

La forêt classée du Mont Béro est située au Sud-Est de la Guinée, dans la région de la Guinée forestière, les coordonnées géographiques suivantes: 8° 5' et 8°25' de latitude Nord, et 8° 23' et 8° 36' de longitude Ouest, voir fig. 1. Sa superficie est de 26.850 ha. Classée en 1952, les limites de cette forêt ont été recouvertes en 1997 sur une longueur de 149,9 km. Les galeries forestières, la forêt dense humide et la savane arborée referment un important potentiel de ressources naturelles aux valeurs biologiques, économiques et culturelles soupçonnée par les Botanistes étrangers et nationaux [1].

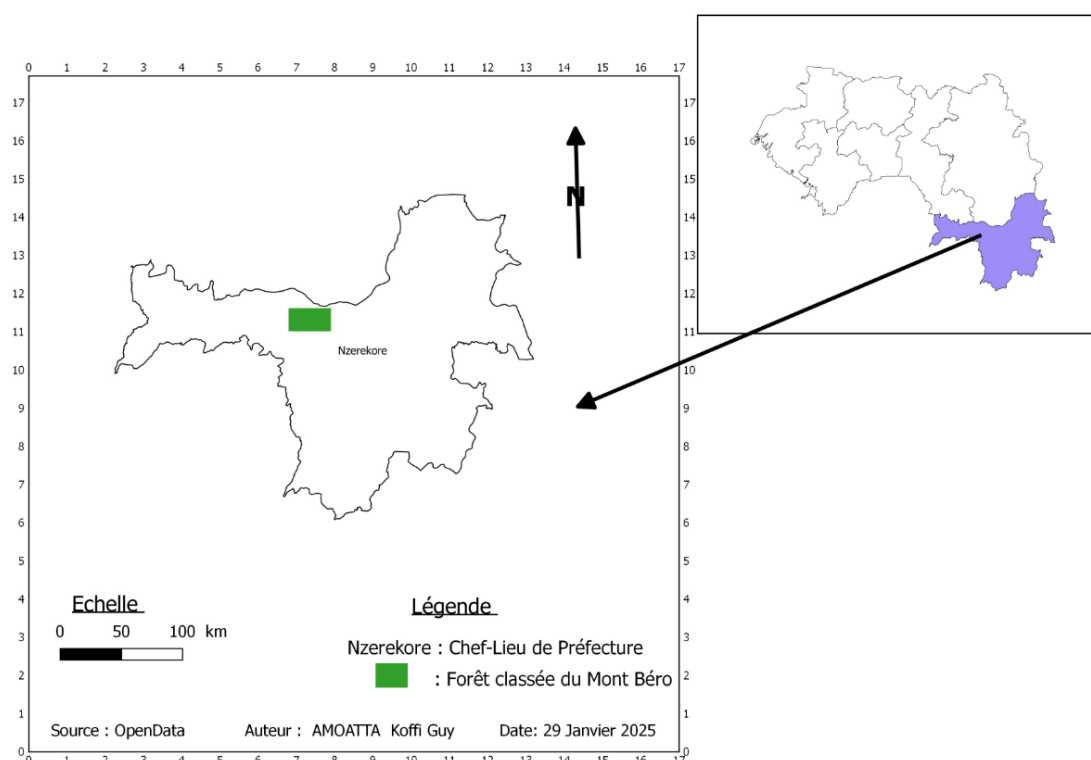


Fig. 1. Carte de localisation de forêt classée Béro

2 MODE DE COLLECTE DES DONNEES

La méthodologie de collecte des données de notre étude est axée sur la méthode qualitative ainsi que quantitative. Ces deux méthodes nous ont permis d'avoir des données pour connaître la dynamique spatiale, sociale et économique des riverains de Béro.

2.1 COLLECTE DES DONNÉES QUALITATIVES

Cette méthode qualitative a été réalisée en exploitant la littérature grise, et en conduisant des entretiens et des interviews. En effet, nous avons consulté la littérature grise par le truchement des mémoires de recherches, d'articles scientifiques, des thèses de Doctorats, des comptes rendus de mission ou de réunion, etc. Cette documentation est accessible par l'Internet, les bibliothèques (CFZ, Antenne de Béro, Régionale de N'Zérékoré, et celle du Gouvernorat de N'Zérékoré). Cette documentation nous a permis d'appréhender les contours liés à la gestion des aires protégées en Guinée et singulièrement celle du Mont Béro. Ces informations ont été actualisées par la conduite d'une enquête du terrain.

Ces enquêtes de terrains sont constituées par la conduite de Focus group et d'Interview. Les personnes ressources nous ont accordés des interviews. Ces personnes travaillent pour le CFZ, les responsables chargés de la protection de l'environnement du Gouvernorat de N'Zérékoré et de la Marie de Gouécké. Cette raconté avait pour objectif, de connaître le mode de gestion de la forêt classée du Mont Béro et de leur participation à la conservation du massif de Béro.

Quant au focus group, il s'est intéressé aux paysans riverains du Mont Béro. Ce focus group visait à connaître les problèmes qu'assaillent les habitants de Béro.

2.2 COLLECTE DES DONNÉES QUANTITATIVES

Le Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD) et la Direction Nationale des Eaux et Forêt (DNEF). Les données sont liées à l'état de la forêt et les différentes activités s'y déroulant aux alentours.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 QUESTION DE LA GESTION DES RESSOURCES FORESTIERES EN GUINEE

La République de Guinée compte 156 Forêts Classées, lesquelles couvrent le plus souvent de petites surfaces: 5 ont moins de 25 ha. Parmi les plus grandes, 29 seulement couvrent plus de 10.000 ha, y figurent les 3 forêts qui nous intéressent. Seules 5 forêts classées dépassent les 50.000 ha, dont celle de Ziamba qui se trouve d'ailleurs être la plus grande de toutes avec ces 112.300 ha. Actuellement cette forêt est en déboisement totale par le PRPOGERFOR à YABALA à 20 Km de N'Zérékoré.

Seules les forêts classées de Ziamba, Béro et Diécké constituent de véritables forêts denses humides c'est à dire le tout dernier poumon de la Guinée.

Tableau 1. La répartition des forêts classées par région naturelle se présente comme suit:

Régions naturelles	Superficies (km ²)	Nombre de forêts classées	Superficies (ha)	Taux de couverture
Guinée Forestière	4.937.400	38	319.534	6,47%
Guinée Maritime	3.620.800	36	214.461	5,92%
Moyenne Guinée	6.360.800	56	334.220	5,25%
Haute Guinée	9.666.700	25	318.396	3,29%
Total	24.585.700	155	1.186.611	4,83%

Source: CFZ, 2011.

Ce tableau ci-dessus nous montre que la Guinée Forestière à la plus grande couverture végétale (des arbres endémiques au Mont Nimba, Mont Diécké, Mont Béro, et le Mont Ziamba). La plus grande partie de ces forêts ont un rôle de protection des bassins fluviaux et de leurs sources d'un régime permanent dans ces grandes forêts galeries.

Cette vocation se traduit par le fait qu'elles sont presque toutes situées dans des massifs montagneux au relief plus ou moins accidenté.

Les différentes formations forestières régressent sous l'effet conjugué de l'agriculture traditionnelle itinérante sur brûlis et l'exploitation irrationnelle de leurs ressources. Il existe une disparité entre le rythme des dégradations dans les domaines classés et à l'extérieur de ces derniers. Vu le taux de couverture du domaine classé par région, on peut conclure qu'il reste insuffisant, mais il faut souligner qu'il est productif.

Enfin, si au plan de la biodiversité la dégradation est relativement modérée, la situation est préoccupante sur le plan de l'écologie générale, du fait des passages quasi généralisés des forêts vers des savanes arborées, de celle-ci vers des savanes arbustives, puis finalement vers des savanes herbeuses.

Après l'indépendance de la Guinée, les autorités ont lancé des actions de reboisement en régie (plan triennal et septennal) pour apporter des réponses rapides et ponctuelles aux problèmes de dégradation des ressources existantes et à la satisfaction des besoins en bois d'œuvre. La superficie totale reboisée dans ce cadre n'a pas dépassé 11 000 ha, de par la mauvaise gouvernance. Les principales essences utilisées pour ses plantations ont été: *Tectona grandis*, *Gmelina Arboréa*, *Terminalia superba*, *Terminalia Ivorensis*, *Pinus SPP* [5].

3.2 MUTATION DU MILIEU RURAL VERS UNE NOUVELLE FORME ORGANISATIONNELLE AU DETRIMENT D'UN SYSTEME IMPOSE

Les paysans ont tiré les leçons des résultats mitigés des différentes expériences vécues et ont conclu que leurs problèmes ne pouvaient être résolus que par eux-mêmes. Tous les modèles tentés avaient plutôt aggravé leurs difficultés. Le monde rural avait pris alors la décision de faire par lui-même, pour lui-même et selon sa vision propre. C'était le début d'une mutation qui va changer notamment le milieu. Un leader paysan a dit à ce propos que: "*si quelqu'un te prête des yeux, tu es forcé de regarder dans la direction qu'il désire, nous avons assez regardé avec les yeux empruntés. A présent, nous allons regarder avec nos propres yeux pour regarder là où nous voulons*".

Le milieu rural, pragmatique par nature, ne s'était pas arrêté simplement au constat d'échec des modèles, ou aux lamentations sur les conséquences néfastes de ces modèles sur son mode de vie. Il s'est plutôt engagé fermement vers la direction qu'il avait jugée conforme à ses aspirations. Vers la fin des années 70, on assistait à un remodelage des anciennes organisations communautaires, les classes d'âges les "M'BOTAYE" ou groupement des hommes et des femmes, etc.

En effet, ces anciennes organisations assez sectorielles dans leurs activités et sélectives dans leurs compositions ont été réorganisées, abandonnées ou remplacées. Ainsi apparaissait peu à peu dans l'espace rural une nouvelle forme de regroupement populaire: les associations villageoises de développement. Ces nouvelles structures sont donc des groupes travaillant de façons communautaires, un peu à l'image des anciennes organisations traditionnelles (classes d'âges, - - -) mais avec une structure interne et des règles assez différentes que nous verrons plus loin. Les associations villageoises sont relativement récentes, mais, ont une évolution tout de même intéressante. C'est en remontant que l'on réalise la richesse de leur parcours.

Comme toute activité nouvelle, l'émergence des associations villageoises de développement a en ses précurseurs. Ce sont des personnes, très tôt conscientes que le développement ne peut passer qu'à travers des organisations locales, qui se sont aussi tôt engagées à créer des groupements populaires, au niveau de leurs villages respectifs [6]. Ainsi, on assistait à la naissance des premières structures associatives dans différentes zones des pays d'Afrique tel que la Guinée.

3.3 SYSTEME DE REBOISEMENT DES PLANTATIONS EN PLEIN

3.3.1 PRÉPARATION DU TERRAIN

Pour la délimitation, il faut le choix du terrain à reboiser, cette première activité s'effectue pendant le mois de Novembre. Elle s'effectue à l'aide de la boussole ou le Global Position System (G.P.S).

Le défrichement se fait pendant les mêmes mois de Novembre, par les paysans eux – mêmes afin que les retombées économiques reviennent à eux. Les paysans riverains sous-traitent avec les entrepreneurs qui prennent directement le contrat avec le C.F.Z.

Les méthodes de travail sont dictées depuis par l'organe en charge de la gestion durable des ressources forestières du Mont Béro. Les instruments de travail sont: La machette, la hache pour l'abattage des gros arbres.

Elle consiste à faire les pare – feu tout autour de la surface à exploiter. On brûle la partie défrichée. Après la brûlure, les paysans attendent une semaine de repos, pour éviter le débordement du feu et l'infiltration de la cendre.

Elle permet de ramasser des ordures de bois après brûlure, les mettre en tas afin de les brûler pour rendre propre afin que la terre soit fertile et facile à travailler.

3.3.2 MATÉRIALISATION OU PIQUETAGE

La matérialisation ou piquetage, est la plus grande activité dans le système de reboisement. Elle s'effectue le plus souvent dans la savane où il y a peu de gros arbres. Les dimensions sont données selon le type d'espèces utilisées pour le reboisement. C'est la partie technique de toutes les activités du début jusqu'à la fin. Pour matérialiser le centre de la parcelle, on utilise la boussole, des rubans métriques de 30 mètres, des cordeaux en-nœud de 4 mètres pour faciliter le travail. Les points de matérialisation sont pris quelques fois au hasard, les bavures ou la lisière de la forêt ne permettent pas la mesure exacte de ses lieux ou vers la fin de la parcelle. Chaque aire

correspond à 16 m^2 si c'est $4 \text{ m} \times 4 \text{ m}$ ou 9 m^2 si $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ comme l'illustre les fig.2, fig.3 et fig.4. Dans les bavures, on met les piquets à main levée. Les lignes sont parallèles et droites entre – elles jusqu'à la fin de la parcelle.

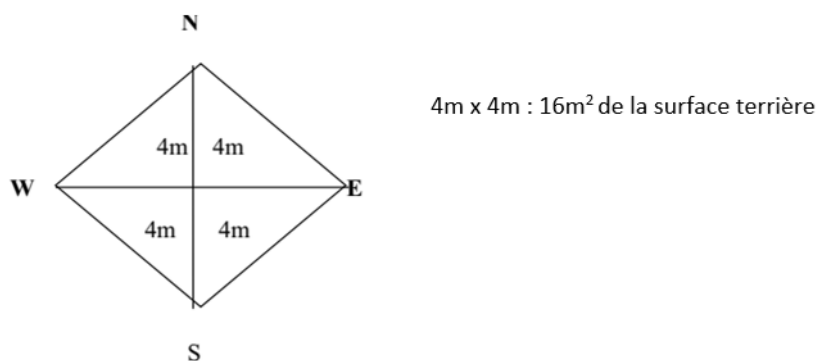


Fig. 2. Exemple d'intervalles conventionnels entre les plantes et les lignes selon l'espèce

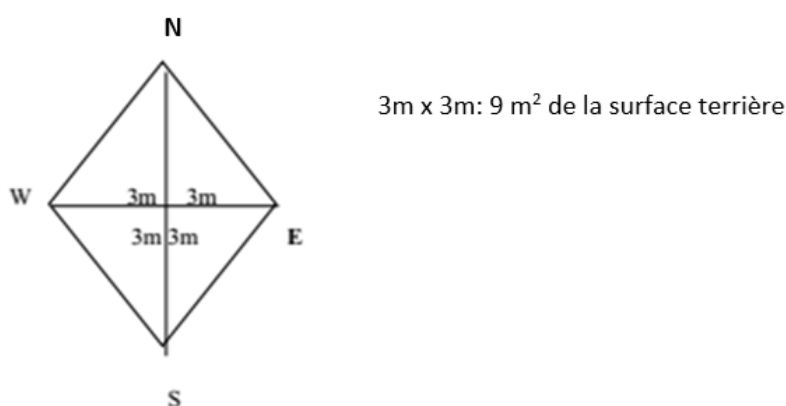


Fig. 3. Pour les mêmes plantations, cette fois-ci de $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ pour les espèces de *Gmélina Arborea*, de *Tectona Grandis*

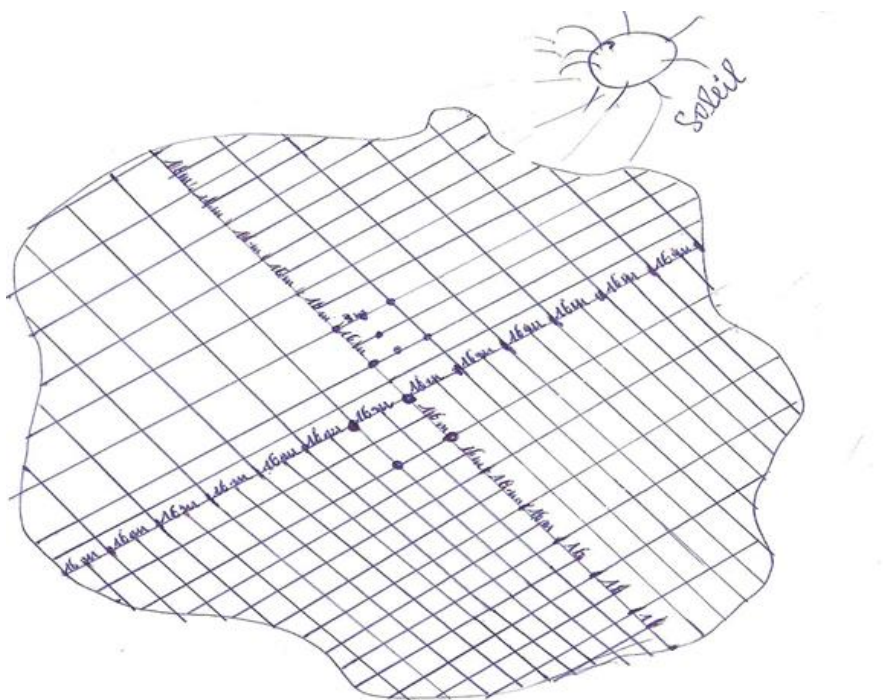


Fig. 4. Système de technique appliqué pour le piquetage des plantations en layon $16 \text{ m} \times 16 \text{ m}$

- **L'ouverture des lignes:** l'ouverture des lignes consiste à élargir les lignes pour permettre aux autres activités d'être bien faite par les paysans, leur circulation entre les pieds des plants, afin d'éviter des endommagements (destruction des nouveaux pieds).
- **La trouaison:** elle consiste à creuser des trous sur les points matérialisés pour la mise en place des jeunes plants en provenance de la pépinière. La fig. 5 présente un prototype de jeune prêt à être transporter sur le lieu de mis en terre. La profondeur du trou est de 22 à 25 cm. si cette mesure n'est pas respectée le jeune plant de 6 mois risque de ne pas survivre après les attaques d'un rongeur.

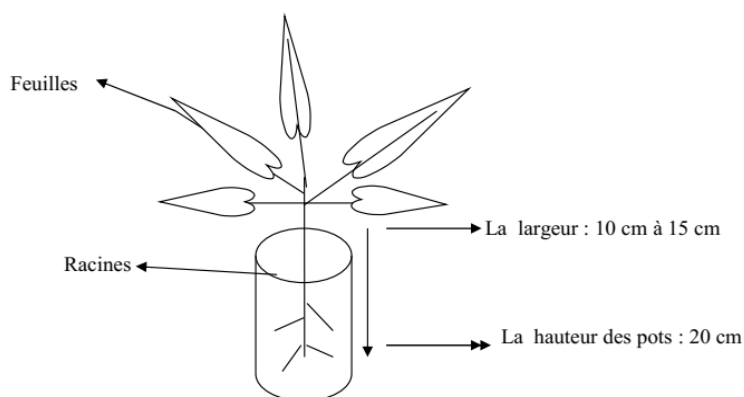


Fig. 5. Exemple de jeune plant prêt pour le reboisement

- **Le transport et distribution des plants:** Les femmes paysannes en groupement transportent les plants dans des gros bols sur la tête. Elles mettent à côté des trous, un sachet de plants qui sera mis en terre par un Agent Forestier.
- **La mise en terre:** la mise en terre quant à elle, l'opération est effectuée par les techniciens en compagnie des paysans sous-traitant, afin de les initiés à la pratique. On enlève les sachets par un couteau tranchant, tout en les mettant dans les trous déjà matérialisés. On fait descendre la motte de Terre dans laquelle se trouve le plan dans les trous, tasser bien la terre pour éviter que l'air ne pénètre au niveau des racines qui causera la mort incertaine des jeunes plants. Avant la reprise des plants à la pépinière, l'une des conséquences les plus remarquables sont: L'air, les insectes, les chenilles, et les animaux rongeurs exemples (le Rat balai, le renard, les souris), surtout les plantes de teck qui sont appréciées par ses rongeurs. Or, les jeunes plantes coupées par ses rongeurs, bloc le système alimentaire ou le système nourricière de ces plants, par la sève brute qui quitte de la racine vers les feuilles et de la sève élaborée qui quitte des feuilles vers les racines. On appelle sève, la nourriture que possède la plante pour sa croissance. La Trouaison se fait selon la dimension des pots.

3.4 SYSTÈME D'EXPLOITATION AGRICOLE

Les types de cultures pratiqués dans la zone riveraine peuvent être classés en trois groupes: les cultures sur coteau, les cultures pérennes, et les cultures de bas-fonds.

3.4.1 CULTURES DE COTEAUX

Les cultures de coteaux sont généralement itinérantes sur Brûlis et à base de riz pluviale. Celui-ci vient en tête de rotation sur défrichement de jachère plus ou moins ancienne. Jusqu'au début des années 1980 le cycle de rotation était 12 à 15 ans. Cette durée a chuté en général de 5 à 9 ans.

La durée de la parcelle en jachère dépend individuellement des facteurs suivants:

- du type de sol, sa fertilité et sa capacité de se régénérer;
- des types de cultures pratiquées;
- de la quantité et qualité de réserve en terre cultivable du lignage ou de la famille.

Si le moment de mise en culture d'une jachère intervient, le cultivateur commence les travaux par le défrichement, suivi de l'abattage des arbres, le brûlis après séchage et écobuages.

Dans les travaux d'abattage, le cultivateur épargne les arbres qui peuvent lui apporter des produits directs ou un certain revenu monétaire tels que le palmier à huile, le néré (dans la zone de transition), les arbustes utilisés dans la pharmacopée et les essences forestières de valeur (iroko, samba, Caïcédra...). Le palmier à huile est systématiquement conservé lors des défriches et a tendance à coloniser le terrain après plusieurs cultures de riz et du manioc. Ainsi, les terres dégradées sont reboisées par la culture de palmier nain et d'hévéa par les jeunes hommes.

La fabrication artisanale d'huile de palme et palmiste sont effectués par les femmes. L'huile de palme est extraite aujourd'hui industriellement à Diécké par la société Soguipah et à Gouécké. Quant à l'huile des palmistes, elle est actuellement extraite par des petites machines à titre privée. En outre, les paysans ont plus de 7 machines d'extraction d'huile de palmiste. Dans l'ensemble l'activité d'extraction de l'huile de palmiste est importante et lucrative néanmoins le secteur est dominé par les femmes.

3.4.2 CULTURES PERENNES DANS LES PARCELLES AUTOUR DES VILLAGES ET AILLEURS

Les bananeraies sont dispersées à petite échelle sur tous les terrains villageois. La banane a été introduite vers 1920.

Pour tracer la route N'Zérékoré-Gouécké Boola-Beyla –Kankan, elle s'effectuait en même temps que l'installation des plantations de bananes et Raphia de vin tout autour du Mont. Ce système de maintien de la forêt en association avec les cultures de caféiers, cacao, kolatiers et les ananas dans les périmètres de la forêt classée du Mont Béro.

Les cultures sous -l'ombrage de caféiers, cacaoyers et du kolatier sont pratiquées dans tous ces villages étudiés. Le café robusta fut introduit vers les années 1930 et sa culture s'est vu intensifiée entre les années détermine cette culture dans ces villages étudiés.

Actuellement on constate sur le terrain qu'une augmentation des caféières (en général moins de 100 pieds par parcelle) dans tous les villages riverains. Les paysans les plantent dans les Jachères âgées en donnant au fur et à mesure la lumière et en conservant toujours les arbres forestiers de haute valeur. Les plantations extensives de kolatiers sont associées avec des caféiers, le cacaoyer est plus exigeant par la toxicité de ses feuilles à classer tout autour de lui des herbacés. On les trouve dispersées mais parfois en grande quantité, jusqu'à 27% des arbres plantés à Laminata. La culture du cacao occupe une place beaucoup moins importante avec environ 7% des cultures pérennes plantées, lesquelles viennent s'ajouter aujourd'hui les plantations d'hévéa et de palmier nain au niveau des clairières (héliophile).

3.4.3 CULTURE DE BAS-FONDS.

Les bas-fonds sont généralement cultivés de deux manières dans les zones étudiées:

- La première, ce sont les bas-fonds présentant un sol limoneux jugé fertile par les populations, sont cultivés en riz par la méthode traditionnelle à savoir: défrichement, brûlis des herbes, semis à la volée du riz, le désherbage et la récolte sans oublier la clôture et l'installation des pièges.
- La deuxième, ce sont les bas-fonds très boisés et représentant un sol sableux, conservés pour prolifération des palmiers à raphia qui sont utilisés dans les fabrications artisanale des sacs.

Il y a d'autres natures de sol argileux dans les bas-fonds à la proximité des forêts et d'autres en poto-poto vers les abords des fleuves. Exemple à Laminata très profond et hydro morphe à chaque période. Les rizicultures aquatiques concernent à peu près 5% de la superficie cultivée en riz dans les terrains riverains. Les performances en riziculture de bas-fonds non aménagés sont modestes avec des rendements de 800 à 1000 kg/ ha. Les aménagements réalisés dans la zone riveraine depuis 1997 pour une meilleure maîtrise de l'eau ont permis d'augmenter les rendements à 2500 kg/ ha environ plus la possibilité des cultures de contre saison (arachides, maraîchages, patate douce, niébé) pour les aménagements de type 1 à 4 comme le montre le tableau 2.

Tableau 2. Type d'aménagement des bas-fonds

Type	Description d'aménagement	Remarques
1	Réalisation des diguettes en courbes de niveau et délimitation des casiers	Permet le contrôle des eaux de pluie et de la nappe à petite échelle
2	A amélioration du type 1 par le creusement d'un drain central	Permet de contrôler d'eaux de pluie et de la nappe à grande échelle (subventionné par les MR)
3	Réalisation des canaux d'irrigation et l'ouverture ou l'ouvrage de prise d'eau	Il faut un bas-fond à cours d'eau permanent (pondéré subventionnée par les MR)
4	Construction d'un barrage d'eau pour assurer une irrigation permanente.	Coûteux, risque de toxicité ferrique.

Source: LAMAH, 2013

3.5 SYSTÈME D'AMÉNAGEMENT DES FORÊTS

3.5.1 FORÊTS PÉRI VILLAGEOISES.

Elles sont constituées par des ceintures forestières, conservées lors de l'établissement des lois et coutumes pour des raisons religieuses et défensives dans l'ancien temps, puis la mise en valeur ultérieurement par plantations de caféiers, Kolatiers, cacaoyers. Elles sont dotées d'essences de grande taille; *fromagers, Dabema, Parkia...*;

3.5.2 FORÊTS SECONDAIRES.

Elles sont des forêts qui n'ont pas subi l'agriculture dans le passé récent (plus de 25 ans) et peuvent être une propriété privée ou collective. Elles se trouvent en petits îlots soient dispersées entre les cultures soit elles se situent vers la limite de terroir pour gérer les feux ou long des cours d'Eau (forêt galeries);

3.5.3 JACHÈRES AGRICOLES.

Les jachères agricoles présentent des physionomies différentes selon leur ancienneté et leur âge. Il faut en effet distinguer les jachères récentes n'ayant subi qu'un (ou deux) cycles de culture depuis la destruction de la grande forêt, des jachères anciennes mises en culture depuis plusieurs générations. Les jachères récentes sont caractérisées par la présence du *Parasolier (Musanga Cecropioides)* tandis que les anciennes sont caractérisées par la présence du palmier à huile qui colonise tous les domaines qui devient actuellement une plante sacrée à potentialités économique pour les paysans forestiers.

3.5.4 FORÊTS SACRÉES.

Les forêts sacrées sont considérées pour les peuples de la région forestière comme d'éminents lieux de culte. C'est en effet dans ces forêts que se tiennent les initiations. Elles permettent une régénération des espèces en fuite dans ses lieux sacrés (en espèces végétales, animales, et halieutiques). Compte tenu de ce rôle religieux, les populations se réservent de toute activité d'exploitation rendant celles-ci denses au fil du temps. Elles se localisent généralement dans les forêts péri-villageoises et se partagent entre la forêt sacrée des hommes et celle des femmes.

Ces traits caractéristiques dans la région où on trouve à chaque fois une bande de cultures ombrophiles autour des villages dont le rayon n'atteigne pas 400 mètres. La taille de la voûte forestière, à proximité des villages, dans les forêts sacrées peut atteindre 80 mètres de haut. Derrière cette forêt sacrée, c'est le domaine de la forêt dense de 80 à 100 mètres de hauteur les plus élevé, c'est le lieu de la protection intégrale.

3.5.5 FORÊTS CLASSÉES.

Les forêts classées sont des forêts étatiques dont les limites sont bien connues par les villageois. Quelques fois on avait observé que les populations insistent sur les anciennes limites villageoises avant la date du classement lors de nos études. On constate que la forêt (sauf celle sacrée) appartient aux ethnies autochtones (le Guerzé). Cette appartenance s'explique par le fait les grands parents l'avaient cultivé. Elle constitue la réserve en terre cultivable à court et moyen terme. Même si les parcelles des cultures pérennes sont fortement boisées, elles font partie des terres agricoles. Ce boisement est un facteur important pour l'aménagement traditionnel de ces parties de terroir à travers les cultures sous couvert forestier: Ces peuplements règlent la quantité de lumière que les cultures ombrophiles ont besoins en dessous. Si les arbres sont trop serrés le cultivateur augmente la lumière en traversant les houppiers par une coupe d'éclaircie tout en faisant attention de garder les essences de valeur comme Framiré, Fraké, acajou, samba, iroko. Cette pratique forestière est meilleure et bien visible si une jachère arborée est transformée en plantation de caféiers. Les cinq types de forêts présentées plus haut fournissent aux populations des produits de trois catégories:

- i. pour satisfaire des besoins en bois d'œuvres, de services, de chauffe et le charbon de bois;
- ii. pour les affaires quotidiennes: la pharmacopée traditionnelle, la cueillette, l'artisanat, l'emballage, les nattes, plafonnage en bambou, sacs de raphia, teinture pour les habits de la forêt sacrée qui se vend à travers tout le monde entier;
- iii. pour l'approvisionnement en protéine: la chasse, le ramassage des escargots, des champignons, la pêche, les termites, les chenilles comestibles, les fruits, voir le tableau 3.

Tableau 3. Les différents apports de la forêt du mont Béro aux populations riveraines

Types de produits	Produits	Utilités
Produits ligneux	Bois vivants Bois morts	Pour le feu
	Matériaux pour l'artisanat	<i>Carapa procera</i> pour les piliers <i>Harungana</i> pour les ustensiles de cuisines
Produits non ligneux	Lianes	Liens
	Tiges de raphia	Meubles, plafond
	Plantes médicinales	Pour se soigner
	Vin de Raphia ou de palme	Consommation et source revenu
Produits de la faune	Aulacodes, rats, biche, etc.	Consommation et source de revenu
	Escargots	
	Insectes	
	Poissons	
	Crevettes, crabes	
Activités de l'élevage	Pâturage, Abreuvoir, Naturel, Apiculture.	Sources de protéines animales
Autres activités	Eaux de boisson	Consommation
	Cérémonies traditionnelles	Renforcement des liens sociaux
	Sépultures	
	Promenades	Divertissement

Source: LAMAH, 2011.

Ces produits forestiers primaires et secondaires sont des éléments essentiels qui favorisent la longévité des populations riveraines de 80 à 100 ans et le non pollution de l'air.

Il semble que la création des forêts péri villageoises dans les zones végétales de transition entre savane forestière et la forêt dense humide semi-décidue, comme autour de Mont Béro fut initiée par les premiers arrivants. Comme exemple à Kabiéta, les paysans interviewés ont déclaré que c'était eux qui avaient créé la forêt autour de leur village peu après sa fondation. Ils avaient interdit par décision commune de la plantation des cultures annuelles et du feu de brousse dans la bande du périmètre. Au fil du temps les herbes étaient remplacées par des arbustes et des arbres qui s'installèrent en créant ainsi une forêt péri villageoise. Le but de cette création fut:

- d'avoir une protection contre les feux de brousse;
- d'avoir une terre plus fertile en transformant la jachère herbeuse en jachère arborée;
- de créer un micro climat favorable à la vie des êtres vivants dans le village. Ces phénomènes ont été étudiés et décrites par [7] dans la zone de Kissidougou et de Béro.

3.6 ELEVAGE EN ÉVOLUTION AVEC L'ARRIVÉE DES ÉLEVEURS PEULHS

L'élevage est peu développé dans la zone riveraine à cause des maladies parasitaires et par manque d'espace pour le pâturage. Il s'est développé avec l'arrivée des éleveurs Peulhs, Koniankés de Beyla et les Kpèllè aux alentours de la forêt classée du Mont Béro, les zones d'influences de l'élevage sont Manghana, Boola, Laminata sur la route Sibamou, à Mananko, Koropara, Foubadou dans l'ainé.

L'essentiel du cheptel bovin est localisé dans ces zones car La dégradation et l'avancée de la savane sont liées l'activité pastorale, suivies des pratiques de feux de brousse, qui paraissent les principaux facteurs ou responsables de la savanisation constatée au Nord du Mont Béro. Cet élevage était aussi plus intensif avant 1940 entre autres à Kabiéta. Où l'on pouvait compter de grands troupeaux. Cela s'explique certainement aussi la pratique de culture attelée à Boola et l'intérêt de l'introduction de la traction animale à Kabiéta et Foozou.

L'élevage de petits ruminants et volailles, largement répandu, est pratiqué sur le mode extensif. Celui de la porc-culture semi intensifiée entre (1990 à 2002) intensifié actuellement de 2002 à 2011. Il y a aménagement de ces élevages spécialisés très fort grâce à l'existence d'une filière porcine en Guinée Forestière.

3.7 GESTION DE TERROIR: SYSTEME D'OCTROI DE LA TERRE ET LES OCCUPATIONS SPATIALES DU TERRAIN VILLAGEOIS

On constate que dans les villages de la région, les premiers arrivants occupent les plus grandes (et plus fertiles) parties du terroir et par conséquent possèdent les plus grandes réserves en terre cultivables dont la durée de leurs jachères se montre très élevée.

Le droit foncier traditionnel est pratiquement compliqué et la fréquence des litiges devient de plus en plus élevée. Sur les bas-fonds qui ne sont pas fréquemment cultivés, on assiste à l'installation d'une jachère dominée par les palmiers raphia et *Mitragna Stipulona* (Bahia). Proscrites soit par la coutume soit par décision commune du village. A côté de ces droits de propriété, il existe ceux d'usage tel que le prêt (sous caution) et le métayage (moyennant une redevance ou contre- partie en nature de la récolte.

La gestion coutumière des terres a perdu sa viabilité dans ces derniers temps partout à cause de la fréquence des conflits domaniaux et litiges. On estime qu'à peu-près 40% des parcelles font l'objet de litiges fonciers, de 1950 à 2000. De 2000 à 2008 plus de 55%; de conflits domaniaux font l'objet de jugement entre les consanguins. Ce fait s'explique par deux raisons principales:

- 1) la première raison est que, environ 30% de détenteurs de la maîtrise foncière aux « ayants droit » ne résident pas au village sous pression des conflits, la mauvaise cohabitation et ne peuvent pas gérer leur propriété sur place et par eux-mêmes, a peur de sauver sa vie en quelque fois par la paresse.
- 2) Les conflits à l'intérieur d'une famille surtout entre les générations se multiplient et ceux-ci ont même entraîné la haine, au fonctionnement des parcelles. L'accès aux terres cultivables est fortement lié à la couche sociale du village. Ce principe est basé sur la chronologie des arrivages. Le tableau 4 présente les différentes catégories d'arrivages, leurs couches sociales et les interactions entre accès aux terres, leur pénétration en forêt Classée et leurs formes de cultures.

Tableau 4. Aperçu sur les liaisons entre les couches sociales, l'accès aux terres cultivables et les types de culture

Catégorie de détenteurs terriens	Catégorie d'arrivages	Couche sociale	Pénétration en forêt classée	Type de culture	Parcellaire d'exploitation
Maîtrise de terres tiennent les 80 à 90% du terroir	Les plus anciens lignages autochtones ; parfois quelques-uns des premiers arrivants allochtones	Privilégiés décideurs au village	Peu	Caféculture extensive en espérant de s'appropriier plus tard cette partie	Les meilleures et plus grandes parties fertiles et riche du terroir.
Terroirs tiennent les 10 à 20% du terroir	Les lignages autochtones moins anciens et les deuxièmes venants d'allochtone	Moins privilégié ne décident pas	Fortement	Caféculture intensive pour l'épargne et les besoins quotidiens	Petites parcelles en sols pauvres et prêt temporaire
Sans accès	Les rapatriés des autochtones d'autres régions et les derniers venants des allochtones	Indifférentes exécuteurs au village	Fortement et récemment	Cultures vivrières pour l'alimentation quotidienne	Pas d'accès aux terres et métayage en contrepartie.

Source: LAMAH, 2011.

Les détenteurs sont surtout les hommes. Nous avons aussi constaté des possessions de grandes parcelles par des femmes à certains endroits par exception les veuves et les filles uniques.

La création des forêts classées par l'administration coloniale d'Afrique Occidentale Française dans les terroirs coutumiers des villages avait créé un conflit. Jusqu'à nos jours, les villageois reconnaissent leurs anciennes limites de village et par conséquent réclament leur droit coutumier de cultiver dans ces zones qu'en forêt classée. Les villages manifestent ces droits de plus en plus car leurs positions politiques se renforcent et leurs terres de cultures s'appauvrissent par leur déguerpissement à l'intérieur de forêt classée et la répétition des cultures sur le même sol chaque année. Ils suivent les intérêts, économiques suivants:

- La terre en forêt classée est beaucoup plus fertile donnant des rendements élevés;
- Le couvert végétal se prête aux cultures commerciales: le café, le cacao, et la banane.
- Le bois d'œuvre peut être exploité;
- Les bas-fonds très fertiles peuvent être mis en culture.

4 CONCLUSION

Dans le massif de Béro, les populations contribuent à la gestion durable du Mont et suivent un programme de développement socio-économique participative lié à la gestion des ressources naturelles qui est mise en œuvre dans la zone périphérique. Assurer une conservation durable et un maintien de l'écosystème forestier dont les retombées sont bénéfiques aux riverains et aux acteurs en charge de sa gestion.

REFERENCES

- [1] J. P. M. LAMAH, La Gestion Durable des Ressources Naturelles du Mont Béro à travers les pratiques environnementales locales et celles du Centre Forestier de N'Zérékoré (CFZ), Master 2 Recherche Sciences Sociales, Université Julius Nyerere de Kankan, Kankan, Guinée, 2013.
- [2] M. GOPHEN, P.B.O. OCHUMBA, U. POLLINGHER, L.S. KAUFMAN, «Invasion de la perche du nil (*lates niloticus*) dans le lac Victoria (Afrique de l'Est) ». *Sil proceedings*, 1922-2010, 25 (2), 856–859,1993.
- [3] Le Groupe des Nations Unies pour le Développement Durable, 2019, Guide introduction aux fondamentaux du programme de développement durable à l'horizon 2030, 75 p, (en ligne) <https://unsdg.un.org/fr/sdgprimer> (15 décembre 2024).
- [4] Groupe de la Banque Africaine de Développement et République de Guinée, 2019, Programme de Développement de Zones de Transformation Agro-Alimentaire (PDZTA): évaluation environnementale et sociale stratégique (EEES), 131 p.
- [5] Centre Forestier de N'Zerekore, Procès-Verbal d'Aménagement de la forêt classée du Mont Béro, 1990.
- [6] A. SARR, Le mouvement associatif du milieu rural: les péripéties d'une révolution tranquille, Sénégal, 1985.
- [7] FAIRHEAD, James et LEACH, Melissa, «Reading Forest history backwards: Guinea's forest-Savanna mosaic: 1893-1993», *Environnement and History* 1, N°1 (February 1995): 55-91. (online) <http://www.environmentadsociety.org/node/2821> (15 décembre 2024).

Vers une amélioration de processus enseignement apprentissage des sciences de la vie et de la terre: Analyse de la pratique de classe scientifique et remédiation depuis une plate-forme de simulation

[Towards the improvement of the teaching-learning process in life and earth sciences:
Analysis of scientific classroom practice and remediation through a simulation platform]

Aziz Bidari, Mourad Madrane, Rajae Zerhane, Rachid Janati-Idrissi, and Imane Isarghine

Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Ingénierie Pédagogique (LIRIP), Ecole Normale Supérieure, Université Abdelmalek ESSAADI, Tétouan, Morocco

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: In this research, we have sought to show the importance of experimentation in teaching life and earth sciences and more specifically in the topic of the microbial world. Secondly, we tried to identify the various problems that hinder the practice of experimentation in our scientific classes. Finally, we demonstrated how simulation can be an effective means of remediation. To do this, we adopted a multiple methodology: an interview reserved for teachers and two questionnaires for the two actors in the field, namely students and teachers. Two essential points were highlighted: the infrastructure reserved for practical work in two schools, a college and a high school, as well as the multiple and varied opinions of students on experimental activities. The results showed, on the one hand, that the laboratories of these establishments, under the present conditions, do not promote the learning and development of scientific knowledge in an active manner. Indeed, most scientific activities are carried out in a purely theoretical way, given the inadequacy of suitable premises and the poor management of laboratories, which only accentuate this precarious situation. On the other hand, we were also able to detect through the opinions of the students, a lack of deep enthusiasm in students aware of the precarious conditions of their laboratory but also of the methods of work which are not very motivating. This study has no other purpose than to improve the teaching process learning the concepts of SVT. We have tried to show that simulations have a lot to offer in this field and could be a very effective way to remedy the difficulties of the experiments without wanting to replace them.

KEYWORDS: experimentation, life and earth sciences, simulation, motivation, teaching/learning process.

RESUME: Dans ce présent travail, nous avons cherché à montrer l'importance de l'expérimentation dans l'enseignement apprentissage des sciences de la vie et de la terre et plus particulièrement dans la thématique du monde microbien. Dans un deuxième temps, nous avons essayé de dégager les différents problèmes qui entravent la pratique de l'expérimentation dans nos classes scientifiques. En dernier lieu, nous avons démontré comment la simulation peut être un moyen efficace de remédiation. Pour ce faire, nous avons adopté une méthodologie multiple: un entretien réservé aux enseignants et deux questionnaires destinés aux deux acteurs de terrain à savoir les élèves et les enseignants. Deux points essentiels ont été mis en avant: les infrastructures réservées aux travaux pratiques dans deux établissements, un collège et un lycée, ainsi que les opinions multiples et variées des élèves sur les activités expérimentales. Les résultats ont montré, d'une part, que les laboratoires de ces établissements, dans les conditions actuelles, ne favorisent pas l'apprentissage et le développement des savoirs scientifiques d'une manière active. En effet, la plupart des activités scientifiques sont réalisées d'une façon purement théorique vu l'inadaptation de locaux appropriés et la mauvaise gestion des laboratoires qui ne font qu'accentuer cette situation précaire. D'autre part, nous avons pu aussi déceler à travers les opinions des élèves, un manque d'enthousiasme profond chez des élèves conscients des conditions précaires de leur laboratoire mais aussi des méthodes de travail peu motivantes. Cette étude n'a d'autre finalité que l'amélioration du processus d'enseignement apprentissage des concepts des SVT. Nous avons essayé de démontrer que les simulations, ont beaucoup à offrir dans ce domaine et pourraient être un moyen très efficace pour remédier aux difficultés des expériences sans pour autant vouloir les remplacer.

MOTS-CLEFS: expérimentation, sciences de la vie et de la terre, simulation, motivation, processus enseignement/apprentissage.

1 INTRODUCTION

Les Sciences de la Vie et de la terre, notamment les sciences de la vie forment une discipline fonctionnaliste qui vise à dégager les concepts clés, où l'observation du réel et l'expérimentation sont très importantes, et dont l'intérêt est de faire manipuler et inciter les élèves à chercher en suscitant leur motivation et leur curiosité (). En effet, les activités expérimentales, ou les travaux pratiques (TP) constituent un fondement indispensable de l'enseignement, elles sont par excellence le cadre de l'apprentissage de la démarche expérimentale, ce qui favorise une participation active des élèves pour construire leur propre savoir.

L'enseignement des sciences de la vie et de la terre sont des disciplines expérimentales par excellence, qui sont largement affectées par les conditions précaires qui prévalent dans les établissements scolaires. La démarche expérimentale a toujours constitué un sujet d'actualité dans les recherches didactiques, les instructions officielles et les manuels scolaires au Maroc, de même que les concepteurs des programmes expriment clairement l'importance de la pratique expérimentale dans l'enseignement des sciences expérimentales (Develay, 1989).

Dans cette démarche, c'est l'élève qui participe activement à l'élaboration de son savoir. Actuellement l'enseignement des sciences au lycée et au collège est le plus souvent bien éloigné de cette démarche, faute de l'absence quasi-totale du matériel nécessaire, du manque de salles spécialisées, de personnels qualifiés (enseignants) ainsi que du surnombre des élèves dans les classes. Nous assistons alors à une convergence de plus en plus accentuée vers un enseignement passif et purement théorique.

Notre recherche s'intéresse, dans un premier temps, à l'étude des problèmes liés aux activités expérimentales qui s'opposent à l'acquisition des concepts scientifiques relatifs à la thématique du monde microbien. Nous nous focaliserons, dans un deuxième temps, sur les infrastructures réservées aux activités expérimentales dans les collèges et les lycées (salles spécialisées, équipements), ainsi que sur les points de vue des élèves sur ces activités pour les mettre en relation avec les orientations pédagogiques officielles. Par la suite, notre tâche contribuera à la remédiation des travaux pratiques en microbiologie par la simulation.

2 PROBLÉMATIQUE

Dans nos salles scientifiques, plusieurs défis auquel sont confrontés à la fois les enseignants et les élèves, on cite entre autres:

- Les concepts scientifiques enseignés en classe sont traités d'une manière dogmatique ce qui démotive les élèves;
- Les documents exploités par l'élève sont limités au niveau structural et anatomique;
- Un manque total de travaux pratiques;
- La pratique des TICE se fait d'une manière anecdotique et sans faire recours au scénario pédagogique malgré la présence d'équipement de base en outils informatique
- Les situations problèmes sont mal formulées visant tout ce qui est propositionnel.
- Les connaissances scientifiques de base ne sont pas maîtrisées par la plupart des élèves et les explications des phénomènes scientifiques sont très superficielles.

Et d'après la visite des laboratoires de sciences de la vie et de la terre des niveaux secondaires actuels, on a constaté que les placards sont remplis de matériels obsolètes concernant l'expérimentation avec l'abondance de la verrerie et des produits chimiques périmés, Or, Selon les orientations pédagogiques et les programmes officiels, l'observation et l'expérimentation occupent une place primordiale dans l'enseignement des SVT: Si on regarde attentivement l'impact de la démarche expérimental dans la réussite du processus enseignement/apprentissage des concepts scientifiques en SVT, on trouve un manque des activités expérimentales qui peut être considéré parmi les principales causes de l'introduction de fausses représentations chez les apprenants. Cependant l'enseignant se trouve dans plusieurs cas confrontés aux problèmes de l'absence ou du manque total de matériels frais et d'équipements. On note encore une utilisation limitée des TIC dans l'enseignement des SVT qui peuvent être une alternative à l'expérimentation. Ces deux paramètres, l'expérimentation et les TICE, sont reconnues par plusieurs auteurs comme un levier important dans l'enseignement des SVT (Bidari et al., 2017; Develay, 1989). C'est à cette question que se consacre notre contribution, en se focalisant sur la place des expériences enseignées. On a étudié d'une part pourquoi les enseignants des SVT ne recourent pas à la démarche expérimentale ? Et d'autre part est ce que l'exploitation des simulations sont-elles un impact réel dans la conceptualisation des notions scientifiques tant que nos laboratoires sont encore pauvres en équipement nécessaire à l'expérimentation ? Dans ces situations, le recours aux technologies de l'information et de la communication constitue-t-il, même partiellement une alternative efficace et prometteuse ? Pour résoudre cette problématique, on a formulé les hypothèses suivantes:

- Manque de matériels scientifiques dans les laboratoires scientifiques.
- Problème méthodologique lié à l'enseignant.
- Absence de formation continue pour les enseignants des sciences en démarche expérimentale et en intégration des TICE.
- Les horaires sont très restreints et le programme trop vaste.
- La surcharge dans les classes.

- L'introduction des simulations dans l'enseignement des SVT permet l'amélioration de l'acquisition des compétences chez les élèves et augmente leur motivation grâce aux opportunités offertes par ces moyens technologiques lorsqu'ils sont utilisés de façon adéquate et à la base d'un scénario pédagogique.

3 MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

La méthodologie adoptée dans notre travail est double, tout d'abord nous avons réalisé un entretien avec quatre enseignants du cycle secondaire collège et lycée: Une enseignante enseigne au sein du lycée Med VI à Martil, tandis que les trois autres enseignent au collège Ibn SINA à la même ville.

Concernant les questions de notre entretien, elles sont principalement basées sur le niveau des élèves et leur implication dans les activités scientifiques, ainsi que sur le problème ou les problèmes rencontrés par les élèves ou les enseignants pendant le processus enseignement-apprentissage.

Afin d'élargir notre étude et d'avoir plus de renseignements sur les problèmes liés à l'expérimentation et leurs remédiations principalement dans le cas de l'enseignement de la thématique du monde microbien, nous avons essayé de rédiger une enquête sous forme d'un questionnaire ciblé, en nous basant sur les résultats de l'entretien réalisé auparavant. Ce questionnaire étant destiné aux enseignants de sciences de la vie et de la terre.

Rappelons que les premiers outils utilisés étaient destinés à mener des études qualitatives, tandis que le second était destiné à mener des études quantitatives.

Tableau 1. Population cible de l'étude

Niveau	Collège	Lycée
Nombre d'enseignants	25	25

4 ANALYSE DES RÉSULTATS

Notre entretien discute trois grandes questions:

- Q1: Quel est le degré de satisfaction dans le rendement des élèves ?
- Q2: Est-ce que vos élèves sont motivés envers l'apprentissage des SVT ?
- Q3: Quels sont les problèmes rencontrés pendant votre pratique en classe ?

Ces questions sont destinées à quatre enseignants dont deux enseignants du niveau secondaire qualifiant.

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus:

Tableau 2. Réponses des enseignants aux questions posées

Types de questions	Réponses des enseignants
Q1	Tous les enseignants affirment que le rendement de leurs élèves est généralement au-dessous de la moyenne
Q2	La totalité des enseignants certifie que la plupart des élèves sont démotivés envers l'apprentissage des concepts scientifiques.
Q3	Parmi les problèmes cités par les enseignants : • Manque des prérequis chez les élèves. • Problème de langue française • Programmes trop chargés. • Manque de matériel pour réaliser des expériences. • Manque de motivation des élèves. • Absence continue des élèves. • Indisponibilité des expériences et des activités réelles. • La majorité des élèves ne maîtrisent pas certaines habilités relatives à l'apprentissage des SVT (Observation, description, déduction,)

En général, nous remarquons que nos élèves ne sont pas motivés envers l'apprentissage des sciences et que leur niveau n'est pas acceptable par leurs enseignants. Nous notons également que le processus enseignement apprentissage dans nos classes scientifiques

souffre d'une diversité de problèmes. Et lors de cet entretien tous les enseignants affirment qu'ils ne réalisent pas des expériences et n'exploitent pas les TICE comme une alternative à cette pratique

Concernant le questionnaire, notre étude est basée sur un travail réalisé avec 25 enseignants des SVT du lycée et 25 enseignants des SVT du collège. Nous avons distribué un formulaire en ligne (Google Forms) dans plusieurs groupes d'enseignants (public et privé) repartis dans plusieurs académies du Maroc. 50 réponses ont été collectées. Le questionnaire est rédigé en français, il est individuel et anonyme.

Les questions sont posées sous deux formes: des questions fermées et des questions semi-ouvertes donnant plus de liberté de réponse aux enseignants.

▪ Q1: quelle est votre formation professionnelle ?

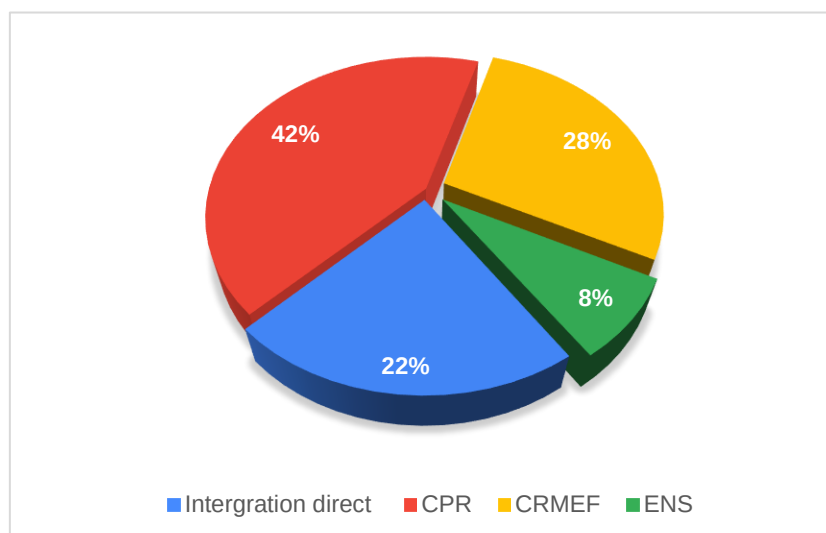


Fig. 1. Formation professionnelle de la population enquêtée

Presque la moitié des enseignants enquêtés (42 %) ont accédé aux métiers de l'enseignement par CPR, 28 % ont subi leur formation en CRMEF (Centres Régionaux des Métiers de l'Education et de la Formation), et 22% ont intégré directement, sans formation professionnelle, 8% lauréats des Ecoles Normales Supérieures,

▪ Q2: Quelle est la spécialité de votre diplôme

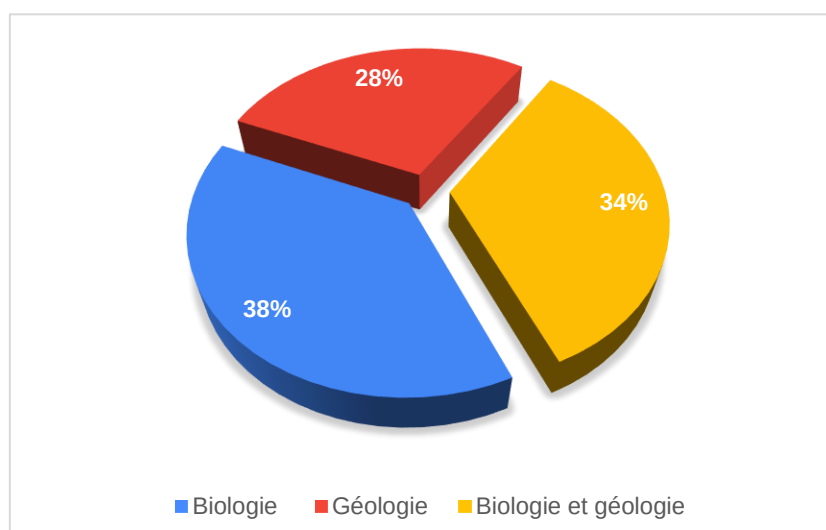


Fig. 2. Le taux des enseignants en fonction de la spécialité du diplôme

Pour la spécialité, 38 % des enseignants ont une licence en biologie, 28% ont une licence en géologie et seulement 34% ont une licence en biologie et géologie.

▪ Q3: Types de formation en TICE que vous avez déjà suivis

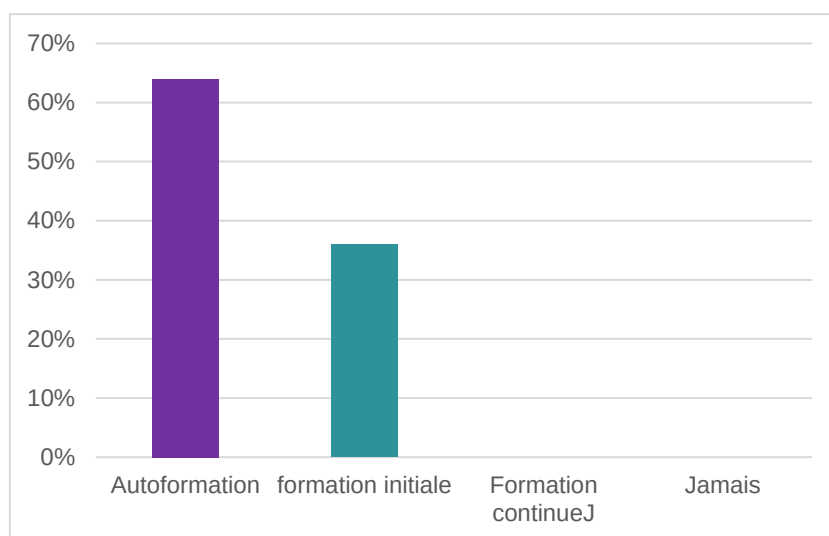


Fig. 3. Formation continue de la population enquêtée

Plus de 60% des enquêtés sont auto formés en TICE, et seulement 36% ont suivi une formation initiale.

▪ Q 4: Quelle démarche utilisez-vous pour enseigner Les SVT

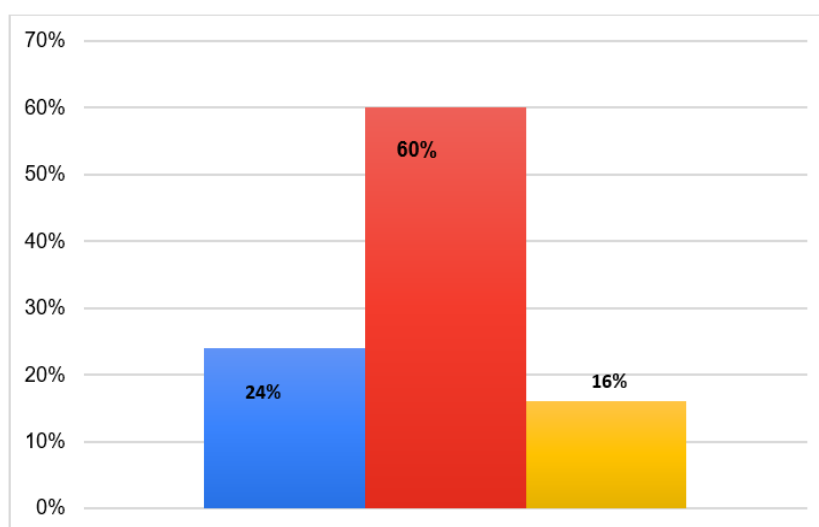


Fig. 4. La démarche utilisée par la population enquêtée pour enseigner les SVT

On constate que certains enseignants ont coché plus qu'une réponse concernant la question posée: 60% des enseignants utilisent la démarche par problématisation pour enseigner les sciences de la vie et de la terre, alors que 24% s'occupent d'une méthode transmissive tel qu'un cours magistral, et 16% des enseignants pratiquent l'enseignement par expérimentation.

▪ Q 5: Quels sont les outils pédagogiques utilisés pour enseigner les SVT

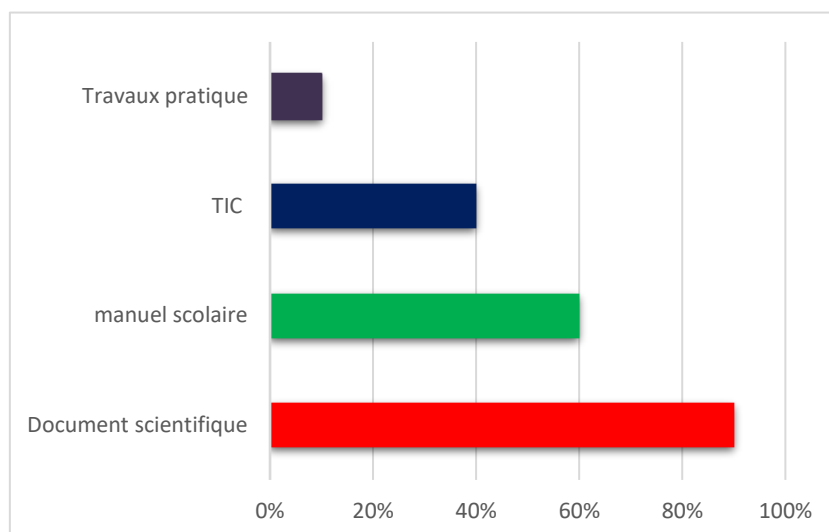


Fig. 5. Les outils pédagogiques utilisés pour enseigner les SVT

Nous avons pu constater que les enseignants peuvent utiliser différents outils pédagogiques: 90% des enseignants préfèrent les documents scientifiques, 60% favorisent les manuels scolaires, 40% exploitent les TIC et 10% seulement pratiquent les TP.

▪ Q6: Le recours aux TP favorise l'acquisition des concepts scientifiques des sciences de la vie et de la terre:

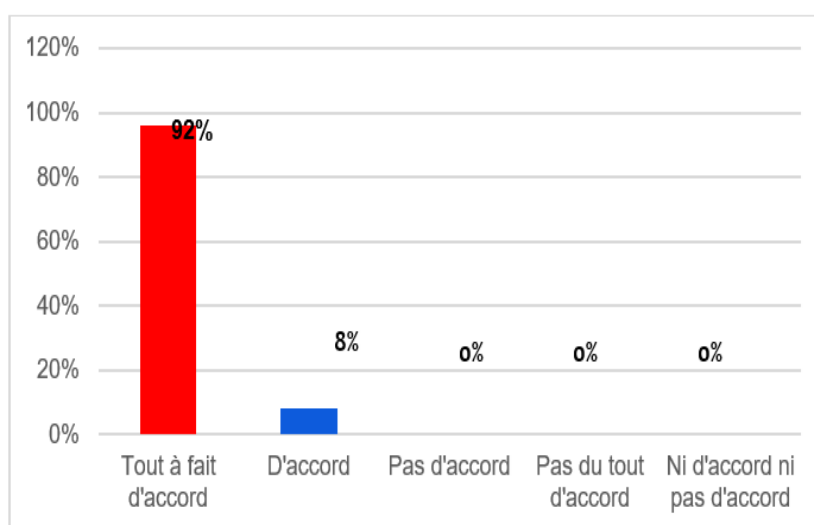


Fig. 6. L'importance des travaux pratiques pour enseigner les SVT

Presque tous les enseignants (92% sont tout à fait d'accord, 8% sont d'accord) affirment que la réalisation des travaux pratiques favorise l'acquisition des concepts scientifiques des sciences de la vie et de la terre.

▪ Q7: Équipement du laboratoire de votre établissement scolaire:

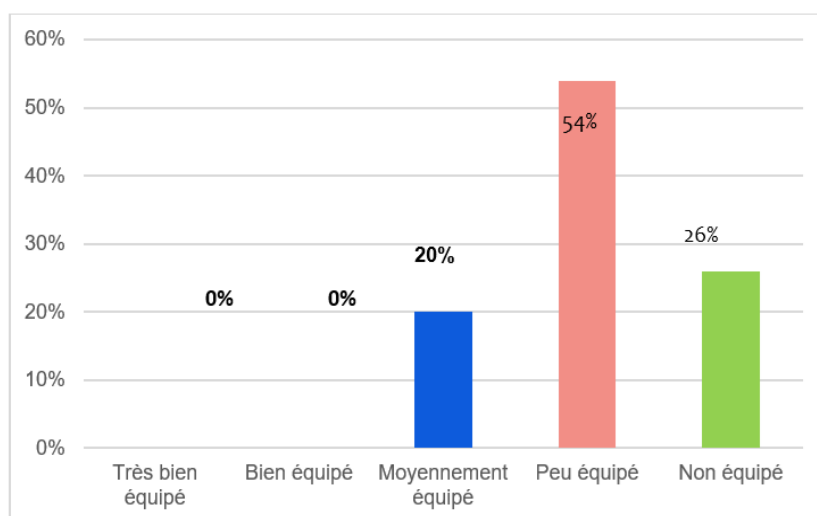


Fig. 7. Équipement du laboratoire de votre établissement scolaire

Plus de la moitié des enseignants enquêtés (54%) ont certifié que leurs laboratoires sont peu équipés, alors que 26% des enseignants trouvent que leurs laboratoires sont non équipés, et 20% ont affirmé que leurs laboratoires sont moyennement équipés: l'équipement de nos laboratoires tend de moyen vers le nul.

▪ Q 8: Vous réalisez des Travaux pratiques en SVT particulièrement lors de l'enseignement de la thématique du monde microbien ?

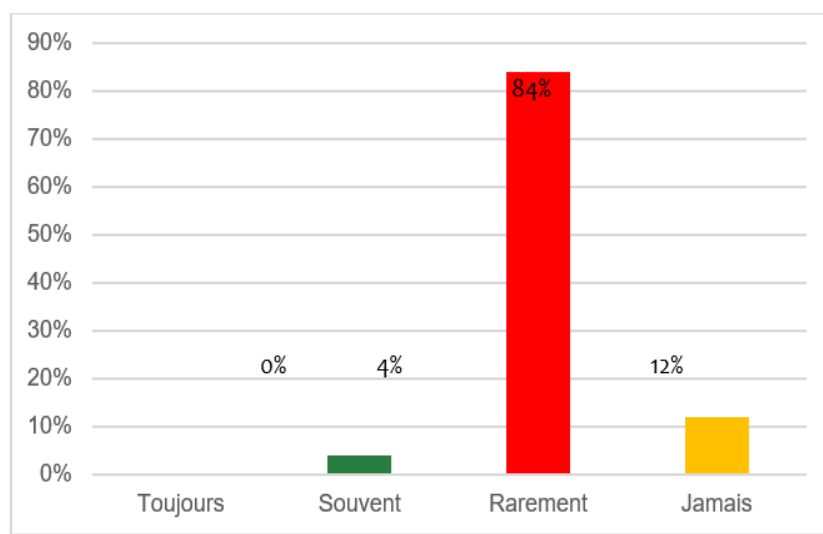


Fig. 8. Le taux des enseignants enquêtés qui réalisent les TP

D'après la figure ci-dessus, 84% de la population enquêtée ont rarement réalisé les travaux pratiques, 12% des enseignants n'ont jamais réalisé les TP, et seulement 4% des enquêtés ont souvent pratiqué les TP dans leur enseignement.

▪ Q9: Quelles sont les difficultés rencontrées au cours pratiqué des TP ?

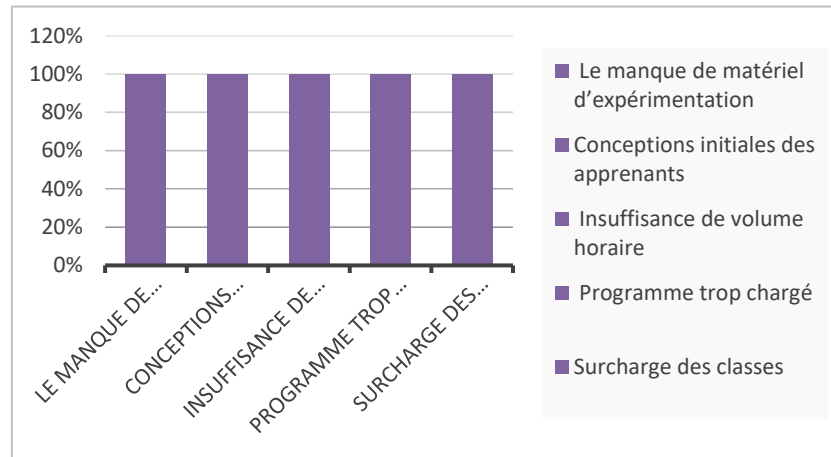


Fig. 9. Les difficultés que rencontrent les enseignants au cours pratiqué des TP

Chaque enseignant enquêté a coché les cinq choix proposés dans cette question. Toute la population enquêtée affirme avoir rencontré des difficultés au cours de la pratique des travaux pratiques.

▪ Q10: Utilisez-vous les TICE pour enseigner la science de la vie ?

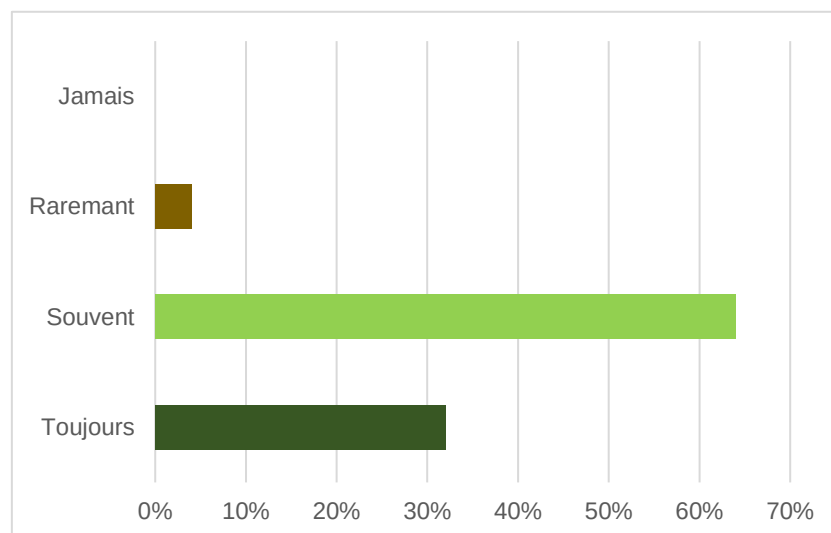


Fig. 10. Les proportions de l'utilisation des TICE par les enseignants enquêtés

D'après la figure, 64% des enseignants utilisent souvent les TICE, 32% exploitent toujours les TICE, et seulement 4% utilisent rarement les TICE.

- Q 11: Quels sont les outils que vous utilisez pour remplacer une expérience réelle ?

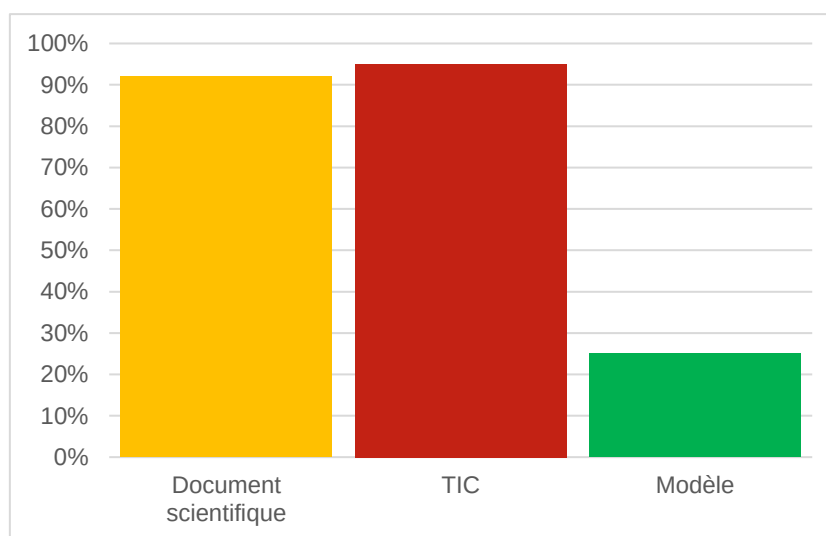


Fig. 11. Les outils utilisés en classe pour remplacer une expérience

Dans cette question également certains enseignants ont coché plus qu'une suggestion: certains enquêtés utilisent différents supports pour remplacer les expériences, 95% utilisent les TICE, 92% utilisent des documents scientifiques, et 27% utilisent des modèles.

- Q 12: Les types d'usage des TICE en classe.

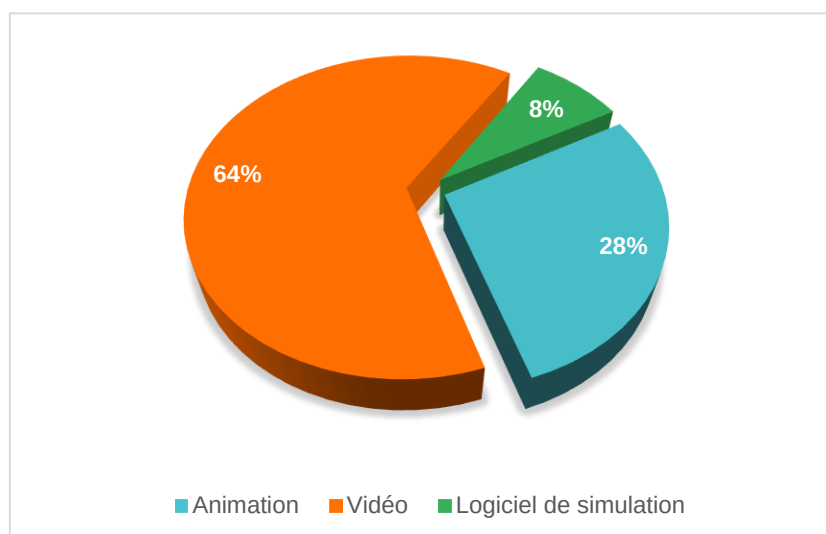


Fig. 12. Les types d'usage des TICE en classe

Plus de 60% des enseignants enquêtés utilisent les vidéos comme type d'usage des TICE, 28% utilisent les animations et le reste 8% utilisent des logiciels de simulations.

▪ Q13: équipement des établissements en outils informatiques:

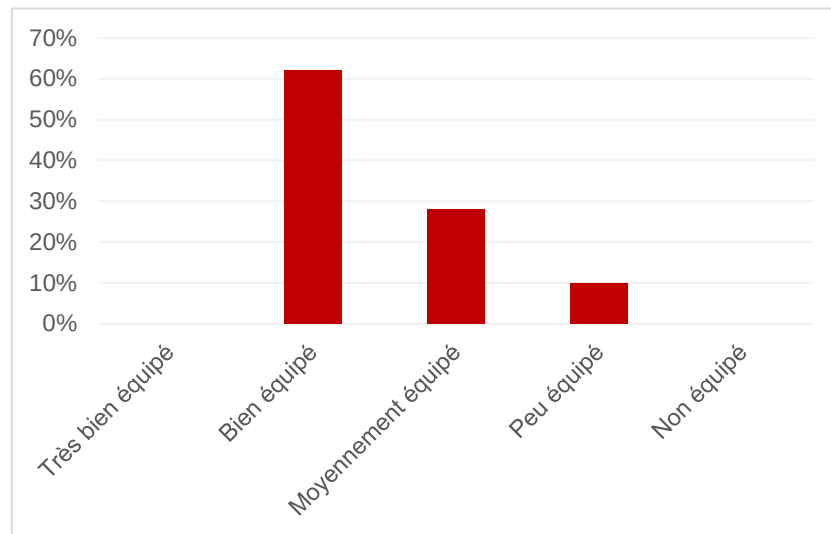


Fig. 13. Équipement des établissements en outils informatiques

D'après les résultats obtenus, 62% des enseignants enquêtés ont certifié que leurs établissements sont bien équipés en outils informatiques, alors que 28% des enseignants trouvent que leurs établissements sont moyennement équipés de ces outils, et seulement 10% des enseignants ont affirmé que leurs établissements sont peu équipés.

▪ Q14: Lors de la pratique des TICE, utilisez – vous un scénario pédagogique?

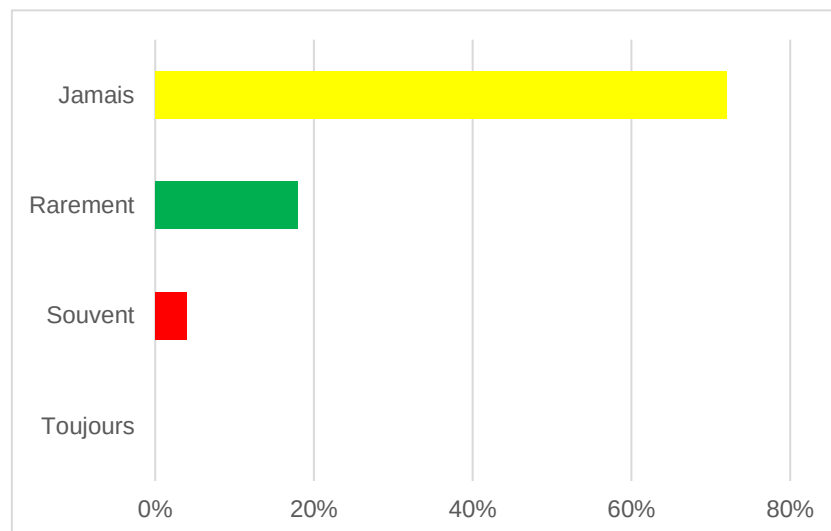


Fig. 14. Lors de la pratique des TICE, utilisez – vous un scénario pédagogique ?

Comme nous pouvons le constater, la plupart des enseignants n'ont jamais conçu un scénario pédagogique lors de la pratique des TICE, et personne ne l'utilise toujours.

5 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Les résultats obtenus à partir de cet entretien montrent que l'apprentissage de certains concepts relatifs aux SVT représente une problématique. En effet, l'absence quasi-totale des expériences rend l'acquisition des savoirs scientifiques loin de la réalité et donc plus abstraits, démotivant nos élèves.

Notons que les enseignants qui ont participé à cette enquête déclarent que les laboratoires de leurs établissements présentent un manque de matériels nécessaires pour l'expérimentation; même les expériences les plus faciles à réaliser comme l'observation

microscopique des cellules sont impossibles à réaliser. Nous notons également que ces enseignants ne sont pas conscients de l'importance des TICE dans l'expérimentation surtout dans ces conditions défavorables.

Citons tout d'abord que cette étude est une étude pré-exploratoire et qualitative puisqu'elle vise un effectif très restreint. Mais pour élargir notre recherche et pour toucher un effectif plus ou moins important, nous avons réalisé un questionnaire réservé aux deux principaux, aux enseignants. La rédaction de ce questionnaire est basée sur les résultats obtenus à partir de l'entretien cité plus haut.

Et malgré le recours au questionnaire pour étendre notre recherche vers un effectif plus large, notre échantillon n'est pas tout à fait représentatif. De ce fait, l'analyse des résultats obtenus ne concerne qu'un petit échantillon de la population enquêtée, mais dans tous les cas nous pouvons déceler de nombreuses contraintes ou difficultés qui entravent la pratique de l'expérimentation dans nos classes scientifiques au secondaire et principalement au niveau collégial.

En effet, concernant la question relative à la formation professionnelle, il s'est avéré que 42% des enseignants sont lauréats des CPR contre 28% formés au sein de CRMEF et 20% des ENS. Tous approuvent avoir une formation sur la didactique générale contrairement au reste des enseignants qui se sont intégrés directement sans formation professionnelle. Chose qui révèle leur insuffisance des formations sur la didactique et la pédagogie, le métier d'enseignement en général, affirmant ainsi la difficulté de sa pratique en classe.

D'après la population enquêtée, la méthode d'enseignement la plus courante est la démarche par problèmes. Aucun des enseignants n'opte pour le transmissif comme pratique d'enseignement, cela montre que ces enseignants sont conscients de la valeur des pédagogies actives dans le processus enseignement apprentissage qui seul, peut favoriser la participation effective des élèves dans la construction de leurs propres savoirs ainsi que l'acquisition d'un esprit scientifique. Mais malheureusement la démarche par expérimentation n'est abordée que par 16% des enseignants malgré sa place majeure dans la formation de l'esprit scientifique, même parfois il semble que l'expérimentation est le meilleur moyen qui facilite l'acquisition de certains concepts en SVT notamment le concept de microbe. Dans ce cas l'élève peut par exemple suivre l'évolution de certaines activités microbiennes telle que leur multiplication rapide.

Rappelons que tous les enseignants enquêtés sont d'accord sur le fait que l'expérimentation a une valeur très importante dans l'acquisition des sciences, mais le problème qui se pose est particulièrement le manque de matériel scientifique dans les laboratoires, **l'insuffisance du volume horaire, l'effectif de la classe** ou les programmes scolaires des SVT qui tendent souvent à être trop chargés surtout au lycée. Tous ces facteurs ne peuvent agir que négativement sur l'organisation des activités expérimentales, ce qui démotive les enseignants d'autant plus que certaines activités nécessitent le recours à l'expérimentation pour pouvoir être maîtrisables par les élèves. Prenons le cas de la multiplication rapide des bactéries, un phénomène qui montre la pathogénicité de ces microorganismes. Dans cette situation trois outils sont utilisés par les enseignants pour compenser l'absence des expériences en classe, soit les modèles (dessin, schéma...) soit les documents où les expériences s'effectuent et restent sur « papier » et ne sont donc pas palpables. Dans la majorité des cas, l'objectif final n'est pas atteint. C'est ce qui explique l'exploitation des technologies de l'information et de communication par la majorité des enseignants. (Vidéo, animation) qui sont devenues une nécessité du plan d'urgence.

Remarquons encore que tous les enseignants (100%) indiquent que **le recours aux TP favorisent l'acquisition des concepts scientifiques des sciences de la vie et de la terre notamment ceux qui ne sont pas accessibles à l'œil nu et nécessitent un outil d'observation tel que le microscope pour notre cas du monde microbien. En effet**, la mise en contact direct avec le matériel scientifique et sa manipulation par les apprenants permet de mieux assimiler et de comprendre les concepts biologiques.

Le recours à l'expérimentation par les TICE a été accepté par la plupart des enseignants enquêtés, car pour eux les TICE restent un bon moyen complémentaire des expériences en cas d'insuffisance ou de manque total de matériels sans pour autant de substituer totalement l'expérience réelle. Autrement dit ces technologies sont exploitées pour gagner du temps et remédier au déficit du matériel scientifique et pour compenser les expériences réelles, ce qui motive à la fois les enseignants et leurs élèves.

Notons bien, d'après les enquêtés, que les établissements possèdent les outils informatiques nécessaires pour l'intégration des technologies de l'information et de la communication. Et le type d'usage des TICE le plus courant en classe est généralement les vidéos et les animations. Or ces dernières restent encore insuffisantes tant que les élèves ne les manipulent pas et le transmissif reste alors le dernier recours pour les enseignants. Contrairement aux simulations, qui rendent l'élève plus actif et plus motivé du fait de sa participation active à la construction de son propre savoir, mais qui ne sont malheureusement pas exploitées par les enseignants.

Comme nous l'avons précisé plus haut, les simulations interfèrent de nombreux phénomènes plus ou moins simples pouvant approcher cette réalité complexe, grâce à de multiples variables. Il est impossible pour un enseignant de pouvoir, à lui seul, les réaliser, les analyser et en ressortir des résultats, mais un logiciel de simulation est capable de le faire. Tout cela fait de ces simulations, un outil indispensable à l'apprentissage des sciences.

Prenons comme exemple l'étude de la virulence, dans ce cas l'expérience consiste à tester la capacité d'un microbe à provoquer une infection en infectant des modèles expérimentaux, tels que des animaux ou des cultures cellulaires.

Un autre exemple étudié en 3^{ème} année collège, est la culture des bactéries: l'expérience consiste à cultiver des colonies de bactéries dans différents milieux pour étudier leur croissance rapide, c'est l'une des caractéristiques de la pathogénicité de ce type de microbes.

Lors de l'enseignement de cette thématique, les enseignants ont recours uniquement aux vidéos et aux animations

Ainsi, pour réussir l'usage pédagogique des TICE en général et de la simulation en particulier, il faut prévoir la mise en place d'un scénario pédagogique. C'est cependant l'outil que la majorité des enseignants enquêtés négligent. Or dans le domaine d'enseignement nous devons prévoir à l'avance le déroulement des activités scientifiques en classe. Une scénarisation s'impose donc pour à la fois gérer et le contenu et le temps et surtout le temps d'interaction entre différentes composantes en classe afin de réussir notre enseignement et atteindre les objectifs soulgés.

Et pour mieux démontrer l'impact important de la simulation dans l'enseignement de la microbiologie, nous exploiterons les données issues de l'utilisation d'une plateforme de simulation.

REMEDIATION DEPUIS UNE PLATE-FORME DE SIMULATION

Après analyse et interprétation des résultats obtenus, il semble important d'avancer que la simulation est un moyen efficace de remédiation ce n'est pas non seulement pour dépasser les problèmes que l'on peut rencontrer lors de l'expérimentation mais aussi pour rendre l'élève plus actif suite à une meilleure intégration dans le processus d'apprentissage.

Pour cette raison, dans ce qui suit, nous discuterons un exemple de simulation en rapport avec le chapitre du monde microbien destiné aux élèves de 3^{ème} année collège. Pour ce faire, nous avons choisi le logiciel **Thyp** qui est un outil gratuit en ligne et qui fonctionne sur différents outils informatiques, tels que l'ordinateur, le smartphone ou la tablette. Il nécessite un navigateur et une connexion internet, mais une version hors ligne est également disponible. La consultation de ce logiciel se fait à partir du lien suivant: Sciences de la vie et de la Terre - THYP: un logiciel de simulation (ac-creteil.fr)

CARACTERISTIQUES DU LOGICIEL

En sciences de la vie et de la terre, nous avons la chance d'avoir à notre disposition plusieurs logiciels pour simuler des expériences. Nous citerons comme exemple de manière non exhaustive les logiciels de M. Gallerand ou ceux de M. Sauvion.

Concernant le logiciel THYP, il s'inspire des logiciels cités mais il possède trois spécificités qui lui sont propres dans le but de favoriser l'appropriation de la démarche scientifique par les élèves:

- **1^{ère} caractéristique:** Ce logiciel facilite le traitement de nombreuses connaissances puisqu'il permet de travailler sur différents cobayes (souris, bactérie, tomate...) et avec le BioLab: une chambre hermétique dotée de différents appareils de mesure. Et grâce à ce logiciel, nous pouvons travailler sur:

La germination, la croissance, la pollinisation, la reproduction végétative, la photosynthèse et les symbioses (mycorhizes) chez la tomate, le système immunitaire, la vaccination, l'action des antibiotiques et les mutations génétiques chez les bactéries, le système nerveux...

- **2^{ème} caractéristique: un logiciel qui laisse une totale autonomie aux élèves:** La diversité d'expérience et de cobaye favorise une autonomie importante aux élèves et les pousse à réfléchir. Cette caractéristique oblige donc les élèves à réfléchir à ce qu'ils veulent démontrer. Au début, les élèves sont le plus souvent perdus et ne savent quoi faire. Ils cliquent sur certaines fonctionnalités au hasard ou s'amuse à injecter des produits dans le cobaye alors que l'on étudie la multiplication bactérienne. Les élèves devront savoir qu'il faut élaborer une stratégie de résolution avant de manipuler le logiciel.
- **3^{ème} caractéristique:** THYP est un logiciel qui reproduit (un peu) la variabilité du vivant.

Mais pour exploiter ce logiciel dans notre classe scientifique, la mise en place d'un scénario pédagogique s'impose.

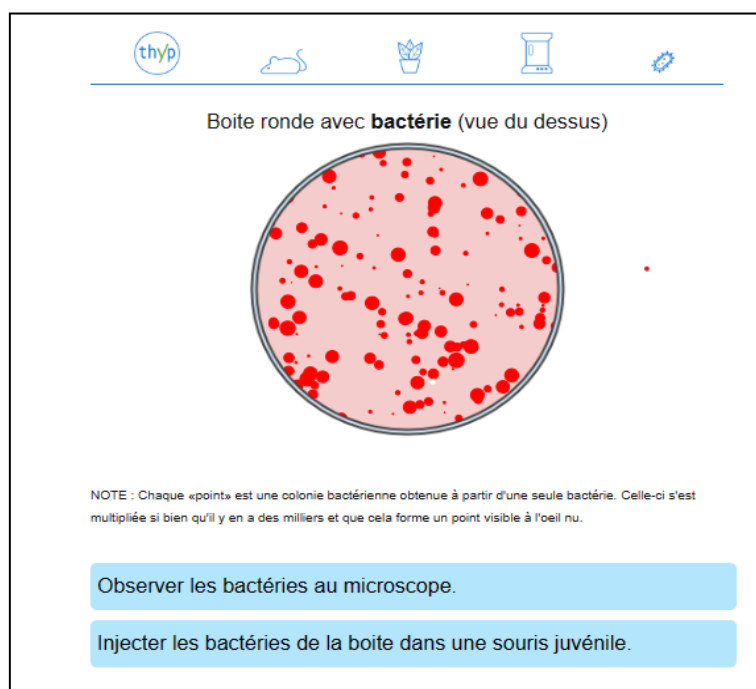
L'activité choisie concerne les caractéristiques des microbes pathogènes qui figurent dans la thématique du monde microbienne:

LA MISE EN PRATIQUE D'UNE SIMULATION

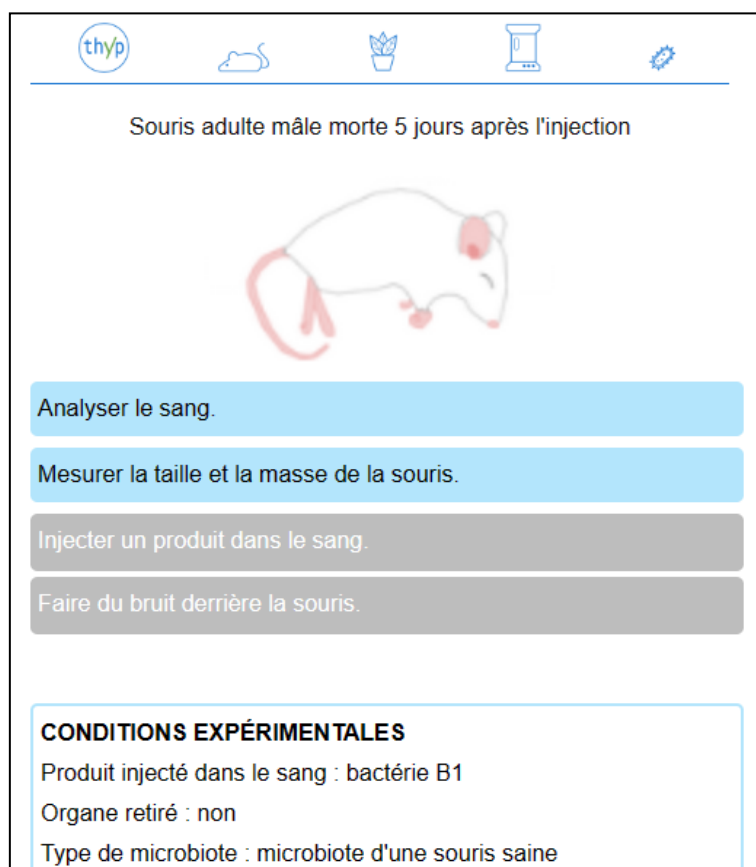
Comme nous l'avons signalé plus haut, l'intégration d'une simulation dans le processus enseignement apprentissage nécessite le recours à un scénario pédagogique. Notons que cet outil est clé en main et présente plusieurs modèles. Le modèle que nous avons adopté est inspiré de la plateforme portail TICE du ministère de l'éducation et dans les auteurs sont JANATI-IDRISSI Rachid R., Zerhane.

ELABORATION D'UN SCÉNARIO PÉDAGOGIQUE

1. Sujet du scénario: intégration d'une simulation concernant la prolifération rapide bactérienne et une autre qui traite la pathogénicité de certains microbes par la toxine.
2. Résumé:



Multiplication rapide des bactéries



La première simulation permet de montrer le danger de certains microbes par la septicémie:

- 1ère étape: culture des bactéries
- 2ème étape: formation des colonies (multiplication bactérienne rapide)
- 3ème étape: observation microscopique des bactéries proliférées

La deuxième simulation permet de déterminer le danger issu de certaines bactéries par la toxémie.

3. Niveau scolaire: 3^{ème} année collège international

Public ciblé: tous les élèves de la classe de 3^{ème} année collège-8

4. La Compétence visée: l'élève doit être capable de dégager les différentes caractéristiques qui rendent certains microorganismes pathogènes en exploitant les différents mécanismes par lesquels agissent les microbes dans le but de résoudre le problème de danger de ces derniers et par la suite d'arriver à la notion de la virulence de certains microorganismes.

Les objectifs d'apprentissages:

- Décrire le mode de multiplication des virus et des bactéries pathogènes
- Préciser les dangers que représente la toxine bactérienne pour la santé

5. Les prérequis:

- Les prérequis technologiques

L'enseignant	- Les principes de base en informatique - Les principes de base en navigation dans le Net - Les principes de base concernant l'utilisation du Data show
L'élève	- Connaissances de base en outils informatiques (ordinateur ; tablette ; smartphone)

- Prérequis scientifiques:

- La cellule comme unité fonctionnelle et structurale des êtres vivants.
- Classification des différents micro-organismes.
- Les cellules sanguines.
- L'observation microscopique

- **Les habilités:** l'observation, la description, la mise en relation, le questionnement, la déduction, la capacité d'exprimer sous forme de texte et de graphe le phénomène étudié.

6. Les étapes de la réalisation:

Rôle de l'enseignant	Activité de l'élève
- Organise la classe (individuel ou en groupe) selon le type de matériels informatiques disponibles. - Relie la séance actuelle avec les prérequis. - Présente le protocole expérimental - Explique les différentes fonctionnalités du logiciel - Répond aux questions des élèves - Demande aux élèves de simuler en suivant le protocole - Pose des questions concernant la simulation - Oriente le débat entre les élèves pour arriver à une conclusion.	- Obéit aux instructions de l'enseignant. - Rappel des prérequis - Se prépare aux nouvelles activités - Lit attentivement le protocole - Pose des questions relatives aux fonctionnalités du logiciel - Pratique la simulation : soit par ordinateur soit par son smartphone. - Observe les résultats - Analyse et interprète les résultats obtenus - Construit son propre savoir

7. Espace de travail:

La salle scientifique équipée d'un Data show avec utilisation d'un ordinateur personnel de l'enseignant, et utilisation personnelle par les élèves sous la surveillance de l'enseignant.

8. Volume horaire:

On a estimé 2min pour chaque simulation, mais on peut arriver jusqu'à 30min si on tient compte des débats et des évaluations.

9. La méthode de travail:

2 minutes pour chaque simulation, mais nous pouvons atteindre peut les 30 minutes si nous tenons compte des débats et des évaluations.

L'exploitation de logiciel se fait d'une manière collective.

10. Les ressources technologiques:

- Préparation de la salle.
- Vérifier l'état de la connexion internet.

- Installer le logiciel sur les smartphones des élèves.

11. La valeur ajoutée des simulations:

Vu les problèmes de la réalisation réelle de ce type d'expériences qui sont nécessaires à l'assimilation de certains concepts scientifiques, ces simulations présentent donc une valeur ajoutée puisqu'elles facilitent la pratique de cette activité scientifique, même par les élèves dans leur domicile, chose qui pourrait en réalité paraître invraisemblable.

12. Evaluation:

Il s'agit d'une évaluation formative: nous avons préalablement préparé des questions pour évaluer les acquis des élèves:

- Sous forme d'un schéma, montrer comment se fait la multiplication bactérienne.

13. Remarques:

Nous avons remarqué que le temps estimé pour cette activité n'a pas été suffisant vu que certains élèves ne possédaient pas les outils technologiques (smartphones) nécessaires pour simuler.

Pour toute remédiation dans une activité ultérieure, nous devons utiliser la salle multimédia, puisque l'établissement en possède une, mais malgré tous les obstacles, nous avons pu constater que les élèves qui ont bénéficié de ces simulations sont plus motivés et plus actifs que l'on ne

ÉVALUATION DE L'IMPACT DE LA SIMULATION SUR L'APPRENTISSAGE DES CONCEPTS RELATIFS AU MONDE MICROBIEN

Pour évaluer l'impact de l'utilisation de la simulation sur les connaissances scientifiques du monde microbien, susceptibles d'être mobilisées dans les sujets de l'examen régional de troisième année collège; nous avons rédigé un test:

- **Une classe témoin:** constituée d'élèves qui n'ont pas utilisé la simulation pendant leurs activités;
- **Une classe expérimentale:** constituée d'élèves qui ont bénéficié de la simulation pendant leur séance;

Le test consacré est composé de 5 questions en relation avec la thématique enseignée.

Pour appréhender les résultats du test, nous avons procédé au calcul des pourcentages des résultats de chaque classe, montrant le pourcentage des réponses justes de chaque groupe pour une éventuelle interprétation.

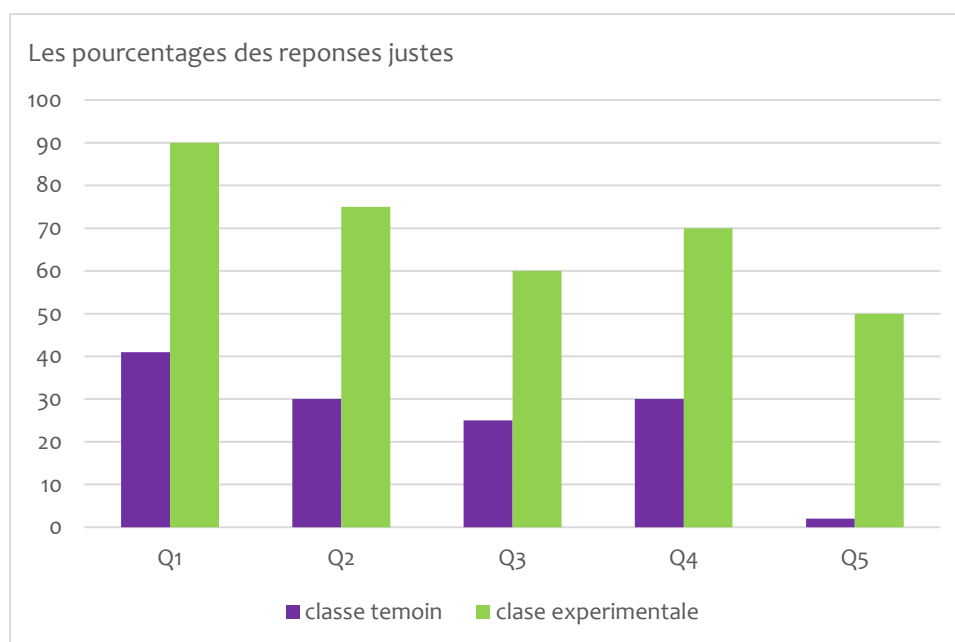


Fig. 15. Une comparaison des pourcentages des réponses justes de la classe témoin et de la classe expérimentale

Nous constatons une différence remarquable entre les réponses justes de chacune des deux classes; les résultats obtenus chez les élèves de la classe expérimentale qui ont participé à notre recherche sont nettement meilleurs que ceux de la classe témoin.

Cette simulation que l'on a appliquée, permet d'offrir aux élèves une forme d'interactivité efficace et par conséquent, une meilleure participation en classe favorisant une préparation idéale à l'examen régional.

Il est incontestable que la simulation constitue ainsi un domaine spécifique pédagogique, collaboratif et actif évitant les contraintes liées à l'expérimentation tels que le manque de matériels, l'insuffisance du volume horaire, la démotivation des enseignants...

6 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Au terme de cette étude, nous pouvons dire que la séance de travaux pratiques joue un rôle important chez les élèves sur le plan d'acquisition des nouvelles connaissances et des notions correctes et concrètes permettant d'animer le cours, le rendant plus attrayant, suscitant la curiosité de rechercher, de manipuler, de tester des hypothèses et de les analyser; c'est un lien entre la théorie et le réel.

Or d'après les résultats obtenus de l'analyse de l'entretien et de questionnaires, nous pouvons déduire que les hypothèses posées au départ sont presque toutes affirmées, autrement dit, des problèmes réels rendent difficiles la réalisation des travaux pratiques. Nous noterons comme exemples:

- Tout d'abord, les laboratoires marquent un appauvrissement du matériel scientifique qui entrave les activités expérimentales
- Manque de réalisation des travaux pratiques en classe dû à des difficultés de pénurie de matériel expérimental.
- Un effectif des élèves très élevé.
- Volume horaire insuffisant qui s'oppose à un programme trop chargé

Tous ces points et bien d'autres démotivent les enseignants envers les pratiques des activités expérimentales, ce qui aboutit à la mise en place d'un cours descriptif et dogmatique. Mais pour dépasser ce présent problème, le recours à la simulation reste un moyen efficace afin d'améliorer la qualité du processus enseignement-apprentissage.

La simulation est une pratique d'apprentissage active centrée sur l'élève et permettant d'établir une relation continue, individualisée ou en groupe entre l'élève et son apprentissage. La flexibilité de la simulation permet aux élèves de gérer leur apprentissage afin d'atteindre leurs objectifs. Cette approche donne à tous les participants l'occasion d'être plus actifs et plus impliqués.

Pour conclure, et afin de dépasser ces obstacles d'apprentissage, d'avoir une évolution remarquable des conceptions des élèves et dans une perspective à court et à long terme, nous prévoyons de changer la manière de faire le cours des SVT et celui du monde microbien en particulier, en nous basant sur la simulation. Mais ceci ne veut pas dire que la simulation substitue l'expérimentation réelle.

REFERENCES

- [1] Bidari, A., Madrane, M., Zerhane, R., Janati-Idrissi, R., Laafou, M., & Benjaber, M. (2017). Pour une intégration réussie des TIC dans l'enseignement marocain. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 20 (4), 1132.
- [2] Charte Nationale d'Education et de Formation. (Octobre 1999). Consulté à l'adresse: <https://www.groupeiscae.ma/wp-content/uploads/2016/05/Charte-nationale-Education-Formation.pdf>
- [3] Develay, M. (1989). Sur la méthode expérimentale. Aster: Recherches en didactique des sciences expérimentales, 8 (1), 3-16.
- [4] Ministère de l'Éducation nationale Direction de l'enseignement scolaire. (JANVIER 2002). GUIDE D'ÉQUIPEMENT SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE AU LYCÉE. Consulté à l'adresse: https://pedagogie.acstrasbourg.fr/fileadmin/pedagogie/svt/fichiers/Guide_d_equipement_lycee.pdf
- [5] Najoui, N. & Alam, A. (2017). IMPORTANCE DES TRAVAUX PRATIQUES DANS L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE AU SECONDAIRE QUALIFIANT MAROCAIN. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*. ISSN 2429-5396 (MAROC). Consulté à l'adresse: <http://www.americanjiras.com/Najoui-ManuscriptRef.2-ajira130517.pdf>.
- [6] Taoufik, M., Abouzaid, A., & Moufti, A. (2016). Les Activités Expérimentales Dans L'enseignement Des Sciences Physiques: Cas Des Collèges Marocains. *European scientific journal*, vol.12, No.22.

Physico-chemistry of urban wet weather discharges in the Riviera Palmeraie catchment, Abidjan (Ivory Coast)

Aïssatou Ghislaine KONE¹, Jean Louis PERRIN², Kandana Marthe YEO¹, Jean Thierry Koffi KOFFI¹, Serge Éhouman Koffi¹, Eric Zahiri³, and Lanciné Droh GONE¹

¹Science and management of Environment, Nangui Abrogoua University, Abidjan, Côte d'Ivoire

²HydroSciences Montpellier, UMR 5151 (Institut de Recherche pour le Développement, Université de Montpellier, Centre National de la Recherche Scientifique), Montpellier, France

³LASMES, UFHB, Abidjan, Côte d'Ivoire

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: A physico-chemical characterisation of urban wet weather discharges (UWWDs) was carried out on a residential catchment of Riviera Palmeraie in the Abidjan District. This neighborhood is characterised by periodic drainage channel overflows, which have caused several floods in recent years. In order to determine the temporal variability of pollutant concentrations and their transfer dynamics, 5 floods were sampled between November 2021 and April 2023. Physico-chemical parameters such as pH, electrical conductivity (EC), total suspended solids (TSS), chemical oxygen demand (COD), ammonium, nitrite, nitrate, total nitrogen (TN), total phosphorus (TP), and phosphate were determined. Descriptive analysis of these parameters and the associated statistical tests showed that urban wet weather discharges are alkaline (pH 9.92), highly loaded with TSS (19.3 g.L⁻¹) and moderately mineralised (EC 698 µS cm⁻¹). While construction sites and soil erosion in the catchment are the main sources of TSS, the high values for electrical conductivity and concentrations of ammonium, total nitrogen and total phosphorus are directly related to wastewater discharges into the drainage system and leaching from the urban areas as a whole. Nitrogen and phosphorus pollution is predominantly in particulate form and is strongly correlated with TSS ($r = 0.86$) for most floods. For all the sampled floods, discharge and electrical conductivity appear to be good descriptors of ammonium dynamics. Suspended solids also appear to be good descriptors of total nitrogen and total phosphorus dynamics.

KEYWORDS: wastewater, suspended solids, nitrogen and phosphorus nutrients, drainage system, pollution, water quality guidelines.

1 INTRODUCTION

Over the years, the sealing and artificialisation of urban surfaces has resulted in the collection of increasingly polluted rainwater due to atmospheric deposition and leaching from sealed surfaces and roofs [1]. In developing countries, these problems are exacerbated by the lack of infrastructure to collect and treat wastewater, which is often discharged directly into the drainage system or into natural watercourses running through urbanised areas.

Urban stormwater management is one of the major challenges facing cities worldwide in the 21st century. Urban wet weather discharges are likely to have an impact not only on the physico-chemical quality of the receiving water, but also on its ecological quality. These discharges contain loads of organic and inorganic pollutants that are directly related to the anthropisation of the catchment area and land use, but also depend on water use and the characteristics of the sewage network (presence or absence, separate or combined). UWWDs pose a threat to both freshwater and marine aquatic ecosystems [2], [3], [4]. Their impact on receiving aquatic ecosystems is a key issue of the European Water Framework Directive (WFD, 60/2000/EC) [5], [6]. In response to these issues, numerous studies have focused on amount, composition and variability of

UWWDS. To give just a few examples, [3] assessed the impact of UWWDS on the algal compartment in a retention/infiltration basin in Chassieu (Rhône, France), [7] studied the first flush in a combined sewer system located in Pavia (Italy), [5] assessed the impact of urban discharges from the Grenoble agglomeration (France), with 500,000 equivalent-inhabitants, on the receiving waters of the Isère and Drac rivers.

In Africa, few studies have assessed pollution associated with UWWDS. In Côte d'Ivoire, the city of Abidjan faces some difficulties in terms of water and urban sanitation management [8], [9]. Households not connected to the sewage system, poor maintenance of sanitation facilities in informal neighborhoods, and the limited data available in these areas slow down the implementation of sanitation systems [9], [10], [11], [12]. Domestic wastewater, rainwater and industrial effluents are often discharged into the environment without prior treatment. In particular, the Ébrié lagoon becomes a receptor for various urban discharges that are difficult to identify [13]. In order to understand the pollution generated by UWWDS, the urban catchment area of Riviera Palmeraie (9.24 Km²) was chosen as study site. The aim of our work is to characterise the temporal variability of pollutant concentrations in UWWDS and their transfer dynamics during some rainfall events.

2 MATERIEL AND METHODS

The study site, sampling method, analysis protocol and statistical analyses are presented in this section.

2.1 SITE DESCRIPTION AND SAMPLING PROCEDURE

Riviera Palmeraie is a residential area of almost 17,000 inhabitants [14], located in the central-western part of Cocody in the District of Abidjan (Ivory Coast). It has been urbanised recently, over the last fifteen years, and wastewater is evacuated through a sewer system [15], [16].

The catchment area covers 9.24 km² and includes a drainage system into which, however, domestic wastewater or wastewater from washing stations is discharged. The sampling station is located after the confluence of the two main collectors (Fig. 1). Several construction and public works sites are currently underway (Fig. 2-A).

Riviera Palmeraie faces recurrent flooding caused by high rainfall events. These events present high rainfall depths and intensities [17]. Soil impermeabilization due to urbanization can contribute to brief, intense and frequent floodings by overflowing drainage channels [16]. These flash floods occur during both rainy seasons, mainly from April to July, but also from September to November.

2.2 SAMPLING AND ANALYSIS METHODS

Water sampling was carried out using a HACH SIGMA AS 950 automatic sampler (Fig. 2-B). An initial sampling phase (every 5 minutes – 6 samples) was carried out from a water level of 20 cm to better sample the flood rise, followed by a second phase (every 20 minutes – 6 samples) to ensure that the sampling was evenly distributed during the flood recession. Water samples were collected in two 1 litre-polyethylene bottles.

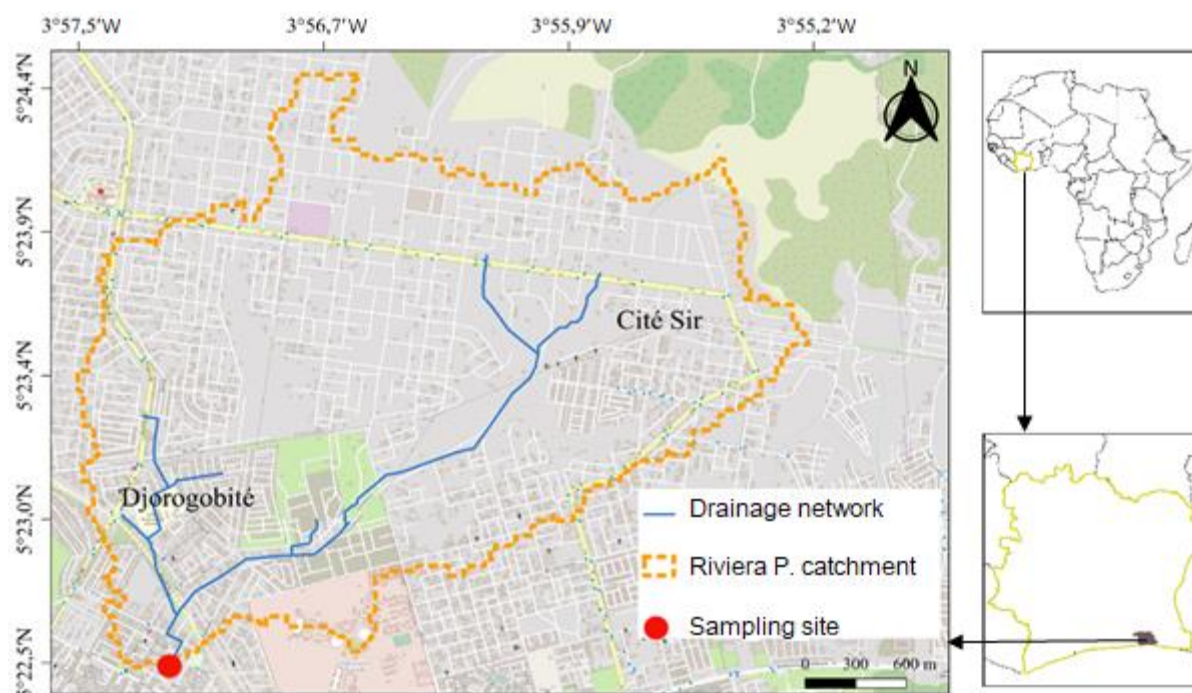


Fig. 1. Riviera Palmeraie catchment

The sampling site is located at a gauging station, which was used to record the water levels; discharges were calculated using the rating curve available for this station. Five floods were sampled during the study period: May 2022, July 2022, September 2022, November 2022 and March 2023.

Samples were also collected during low flow periods, in June, July, August and September 2022. Electrical conductivity and pH were measured using specific HACH probes (CDC 40105 and pHC 101); total suspended solids (TSS) were quantified by differential weighing on cellulose filters with a porosity of 0.45 μm ; ammonium, nitrites, nitrates and phosphate were analysed using Hach LCK 304, LCK 341, LCK 339 and LCK 350 cuvette tests respectively; total nitrogen, total phosphorus and chemical oxygen demand (COD) were determined using Hach LCK LATON 238, LCK 350 and LCI 400 cuvette tests after mineralisation.

2.3 DATA PROCESSING

Statistical analysis was used to determine whether the distribution of the concentrations of the parameters studied was homogeneous across all floods, or whether there was a significant difference, and to identify possible relationships between the parameters. The collected data were subjected to univariate analysis, and Shapiro-Wilk test was used to test the hypothesis of normal distribution. The Kruskal-Wallis test was used when the data were not normally distributed, and a threshold of 5% was used to determine the level of significance. When a significant difference ($p < 0.05$) was found between parameters, a pairwise comparison was made using the Mann-Whitney test. Spearman's rank correlation was used to assess relationships between parameters and their degree of dependence. These statistical tests were performed using R 3.0.2 [18].



Fig. 2. Public works on site (A) and automatic sampler (B) at the gauging station

3 RESULTS

This section presents the different sampling campaigns and the hydrological characteristics of the sampled floods. It deals with the main components of the physico-chemical quality of the UWWDs at Palmeraie and the distribution between dissolved and particulate fractions of the transferred pollutants

3.1 HYDROLOGICAL CONDITIONS

Four sampling campaigns and in-situ measurements were carried out during low flow periods: on 30 June 2022, 26 July 2022, 26 August 2022 and 16 September 2022. For these dates, channel flow was generated by wastewater discharges ranging from $0.013 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ to $0.05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Floods were sampled in both dry and wet seasons, with antecedent dry weather period varying from a few days to over 2 months (Table 1).

- The small flood of 05/31/2022 occurred during the long rainy season. This flood was preceded by a relatively short dry weather period (6 days) and its maximum discharge was $8.5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. This peak discharge was relatively low.
- The high flood of 07/07/2022 was also recorded during the long rainy season. The antecedent dry weather period of the flood was relatively short (8 days) and the maximum discharge reached $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. This high peak discharge was the most significant of all the floods sampled.
- The mean flood of 16/09/2022 occurred during the short dry season. This flood was preceded by the longest dry weather period between floods (2 months) and had a peak discharge of $17 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. This peak discharge was relatively high.
- The small flood of 11/24/2022, occurred during the short rainy season. The antecedent dry weather period of the flood was moderately longer (1 month) and the peak discharge was $11 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. This peak discharge was relatively low.
- The high flood of 03/29/2023 occurred during the long dry season. This flood was preceded by a short dry weather period (24 days) and its maximum discharge was $22 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. This peak discharge was relatively high (Fig. 3). The characteristics of the five sampled floods are given in Table 1.

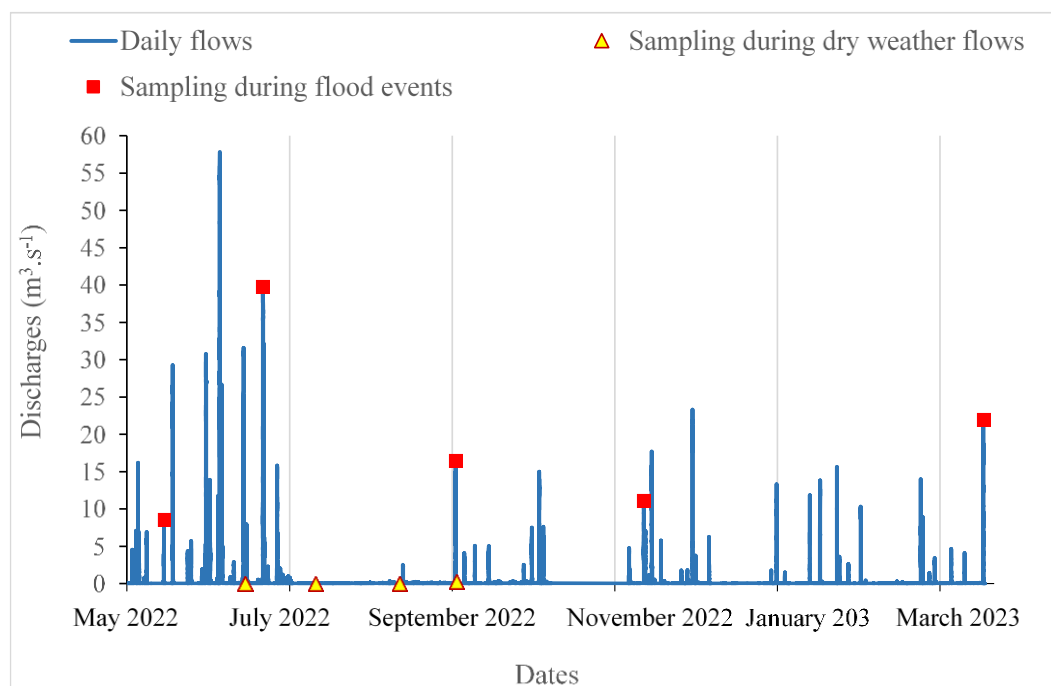


Fig. 3. Sampling during low flow period and flood events

Tableau 1. Main characteristics of rainfall events

Sampling site	Rainfall event date (dd/mm/yy)	Flood duration(hh:mm)	Antecedent dry weather period	Flood volume (m ³)
Riviera Palmeraie	31/05/2022	5:50	6 d	30500
	07/07/2022	2:30	8 d	473000
	16/09/2022	4:00	2 months 4 d	35700
	24/11/2022	3:10	1 month 6 d	52400
	29/03/2023	3:30	24 d	70400

3.2 ANALYSIS OF THE PHYSICO-CHEMICAL QUALITY OF URBAN WET WEATHER DISCHARGES

The quality of urban wet weather discharges (UWWDs) is estimated using some physico-chemical parameters, which are used to characterise the level of pollution in the discharges and to assess the temporal dynamics of concentrations during floods. Mean values (μ), standard deviations (σ), minimum and maximum values of the measured parameters are presented in Table 2 for both low flow and flood sampling campaigns.

- Hydrogen potential (pH) and electrical conductivity (EC)

During both the dry and flood periods, urban discharges runoff has an alkaline pH ($\mu = 9.3$). The pH decreases during the rising part of the flood, reaching a value of 8.7, and remains slightly below the average pH (9.3) during dry weather flows (Fig. 4-A). Its variability between events is not significant (Mann-Withney test ($p > 0.05$), Table 2). The alkalinity of these urban wet weather discharges is related to the effluent discharged into the drainage system. The pH does not exceed the Ivorian guideline for liquid discharges (5.5-9.5) into the receiving waters [19].

The mineralisation of urban wet weather discharges is moderately high at the beginning of the flood ($698 \mu\text{S.cm}^{-1}$) and then decreases with increasing flow ($110 \mu\text{S.cm}^{-1}$) (Fig. 4-B). Similarly, the electrical conductivity of urban discharges runoff decreases from low flow conditions ($\mu = 470 \mu\text{S.cm}^{-1}$) to floods period ($\mu = 265 \mu\text{S.cm}^{-1}$). Overall, this parameter varies little from flood to flood (Mann-Withney test ($p > 0.05$), Table 2).

- Total suspended solids (TSS) and chemical oxygen demand (COD)

The highest concentrations of total suspended solids (TSS) from UWWDs at Riviera Palmeraie were recorded during high flow periods ($\mu = 13.6 \text{ g.L}^{-1}$ for the flood of 11/24/2022), compared to low flow periods ($\mu = 6.2 \text{ g.L}^{-1}$). This TSS concentration

peak occurs when the rate flow reaches its maximum amplitude ($11 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) (Fig. 4-C). The high TSS concentrations of the UWWDs did not differ significantly from one flood to another (Mann-Withney test ($p > 0.05$), Table 2). The highest mass of TSS discharged was observed for the 07/07/2022 event in the long rainy season (i.e. 2500 T), compared to the 24/11/2022 event (i.e. 570 T).

In terms of chemical oxygen demand (COD), the value is high at the beginning of the flood on 07/07/2022 (with a maximum of $1330 \text{ mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$) and remains relatively higher than the average value during periods of low flow ($286 \text{ mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$) (Fig. 4-D). This result reflects the contamination of the UWWD with organic matter. This parameter varies significantly from low flow periods to flood events, and for different floods (Mann-Withney test, $p < 0.05$). These values exceed the Ivorian guideline for liquid discharge ($500 \text{ mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$) [19].

- Ammonium, nitrite, nitrate and phosphate

High ammonium concentrations were recorded, ranging from 1.22 to $24.8 \text{ mg N-NH}_4^+ \cdot \text{L}^{-1}$ for all floods. The dynamics of ammonium transfer are characterised by high concentration at the beginning of the floods ($24.8 \text{ mg N-NH}_4^+ \cdot \text{L}^{-1}$), which decreases with increasing flow to reach the average concentration observed during low flow periods ($1.28 \text{ mg N-NH}_4^+ \cdot \text{L}^{-1}$) (Fig. 5-A). These UWWDs show high ammonium concentrations only during the rising part of the 09/16/2022 flood.

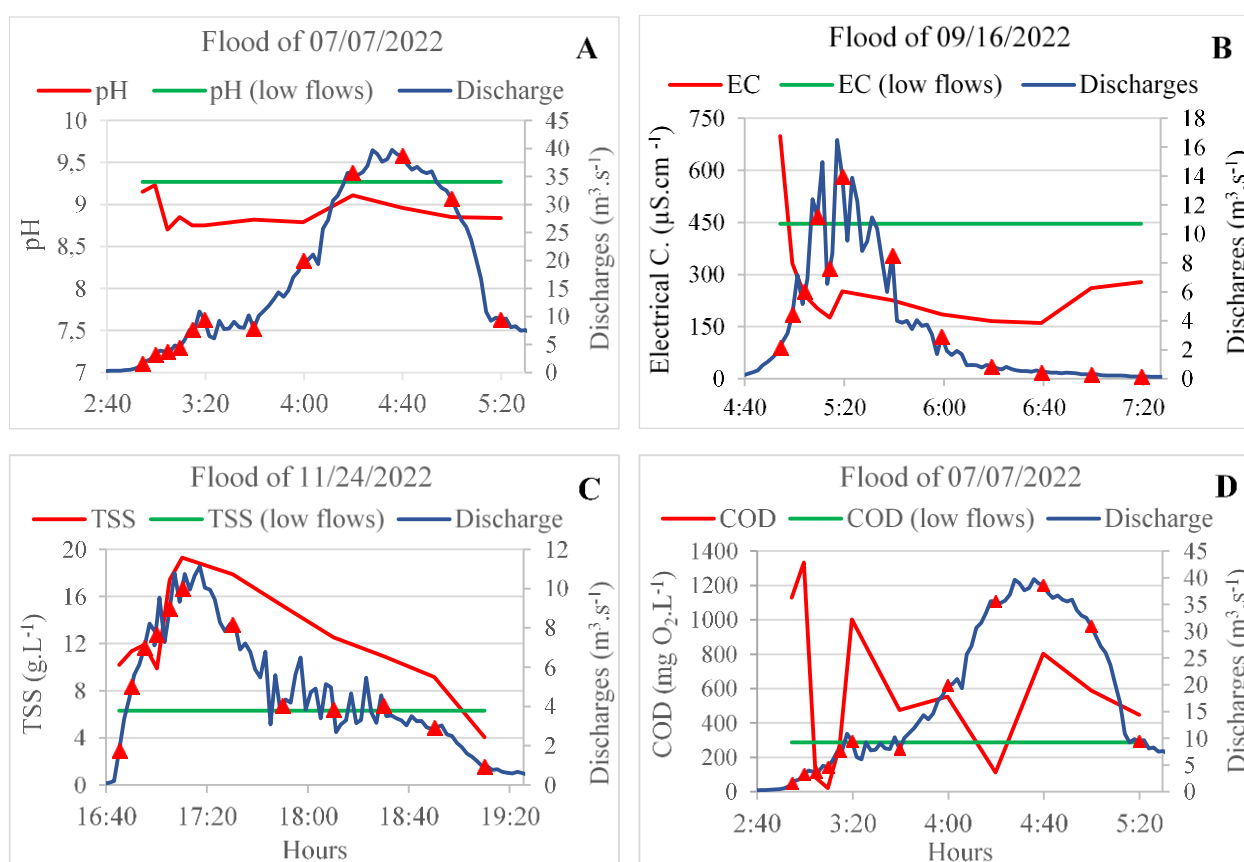


Fig. 4. Dynamics of pH, electrical conductivity (EC), total suspended solids (TSS), chemical oxygen demand (COD) during low flows and flood events

The mass of nitrogen discharged in the form of ammonium was highest during the event of 11/24/2022 in the short rainy season, i.e. 219 Kg N-NH_4^+ .

Nitrate concentration is low during flood events, but remains higher than the average concentration in low flow conditions ($0.74 \text{ mg N-NO}_3^- \cdot \text{L}^{-1}$), with a maximum of $3.1 \text{ mg N-NO}_3^- \cdot \text{L}^{-1}$ recorded as the rising part of the flood of 09/16/2022 (Fig. 5-B). The nitrate concentration varies little from flood to flood (Mann-Withney test ($p > 0.05$)) and does not exceed the Ivorian guideline for liquid discharges (i.e. 11 mg N-NO_3^-) [19]. The highest mass of nitrates discharged was observed for the event of 07/07/2022 during the long rainy season (i.e. 220 Kg N-NO_3^-).

In addition, the urban wet weather discharges show low concentrations of nitrites and orthophosphates. The maximum values are, 1.5 mg N-NO₂⁻.L⁻¹ and 0.73 mg P-PO₄³⁻.L⁻¹ respectively, and the concentrations did not vary significantly for different floods (Mann-Withney test ($p > 0.05$)). Orthophosphate concentrations do not exceed the Ivorian guideline for liquid discharges (i.e. 16 mg P-PO₄³⁻.L⁻¹) [19].

Tableau 2. *Physico-chemical parameters of UWWDs during flood events, median values with a letter: a, b, c or d in common do not differ significantly (Mann-Withney test; $p > 0.05$)*

Parameters	Unity	Statistics	Low flows n = 4	Flood of 05/31/2022 n = 12	Flood of 07/07/2022 n = 12	Flood of 09/16/2022 n = 12	Flood of 11/24/2022 n = 12	Flood of 03/29/2023 n = 11
TSS	mg.L ⁻¹	Mean ± SD	6230 ^a ± 3330	12940 ^b ± 3360	13580 ^b ± 1420	10630 ^b ± 3220	12480 ^b ± 3320	12120 ^b ± 2010
		Range	2030 - 10650	3660 - 18050	9660 - 16920	2460 - 16610	4040 - 19290	8900 - 16160
COD	mg O ₂ .L ⁻¹	Mean ± SD	286.3 ^a ± 181.7	38.61 ^b ± 28.02	568.2 ^a ± 335.46	257.8 ^a ± 221.93	948.3 ^c ± 139.42	505.55 ^a ± 188.69
		Range	91.20 - 520	6.18 - 162	20.12 - 1333	54.30 - 1042	689 - 1204	211 - 1106
pH		Mean ± SD	9.27 ^a ± 0.32	8.83 ^a ± 0.18	8.9 ^a ± 0.14	9.31 ^a ± 0.25	9.11 ^a ± 0.13	9.32 ^a ± 0.24
		Range	8.95 - 9.61	8.50 - 9.40	8.7 - 9.23	8.79 - 9.92	8.60 - 9.3	9.02 - 10.10
E C	μS.cm ⁻¹	Mean ± SD	470 ^a ± 171	257.25 ^a ± 39.33	159.42 ^b ± 37.42	264.83 ^a ± 85.58	233.42 ^a ± 34.19	238.05 ^a ± 40.69
		Range	282 - 812	187 - 390	110 - 235	161 - 698	196 - 412	178 - 422
NH ₄ ⁺	mg N-NH ₄ ⁺ .L ⁻¹	Mean ± SD	1.28 ^a ± 0.69	2.48 ^a ± 0.54	2.34 ^a ± 1.45	5.79 ^a ± 4.56	5.36 ^a ± 4.81	2.63 ^a ± 1.5
		Range	0.16 - 2.04	1.22 - 4.22	0.68 - 6.21	0.15 - 24.8	0.22 - 23.8	0.76 - 10.6
NO ₃ ⁻	mg N-NO ₃ ⁻ .L ⁻¹	Mean ± SD	0.65 ^a ± 0.06	1.0 ^a ± 0.44	1.35 ^a ± 0.41	1.44 ^a ± 0.57	0.86 ^a ± 0.49	1.35 ^a ± 0.41
		Range	0.57 - 0.742	0.37 - 1.48	0.7 - 2.46	0.34 - 3.1	0.12 - 1.50	0.55 - 1.88
NO ₂ ⁻	mg N-NO ₂ ⁻ .L ⁻¹	Mean ± SD	0.07 ^a ± 0.07	0.27 ^a ± 0.30	0.08 ^a ± 0.02	0.08 ^a ± 0.03	0.08 ^a ± 0.07	0.05 ^a ± 0.02
		Range	0.02 - 0.21	0.02 - 1.50	0.02 - 0.13	0.02 - 0.14	0.002 - 0.33	0.0 - 0.1
TN	mg N.L ⁻¹	Mean ± SD	3.03 ^a ± 1.38	66.8 ^b ± 19.87	97.25 ^b ± 35.23	7.95 ^a ± 4.86	69.27 ^b ± 22.93	229.73 ^c ± 65.07
		Range	0.84 - 5.62	31.8 - 105.8	57 - 177.6	1.14 - 26.0	32 - 117	118 - 350
PO ₄ ³⁻	mg P-PO ₄ ³⁻ .L ⁻¹	Mean ± SD	0.09 ^a ± 0.14	...	...	0.36 ^a ± 0.11	...	0.25 ^a ± 0.28
		Range	0.00 - 0.38	...	...	0.12 - 0.73	...	0.01 - 0.68
TP	mg P.L ⁻¹	Mean ± SD	4.15 ^a ± 2.65	1.51 ^a ± 0.53	2.85 ^a ± 0.45	9.96 ^b ± 3.77	19.33 ^c ± 3.52	10.97 ^b ± 2.6
		Range	1.50 - 8.18	0.63 - 2.32	1.97 - 3.79	2.71 - 20.2	15.21 - 31.1	6.50 - 19.5

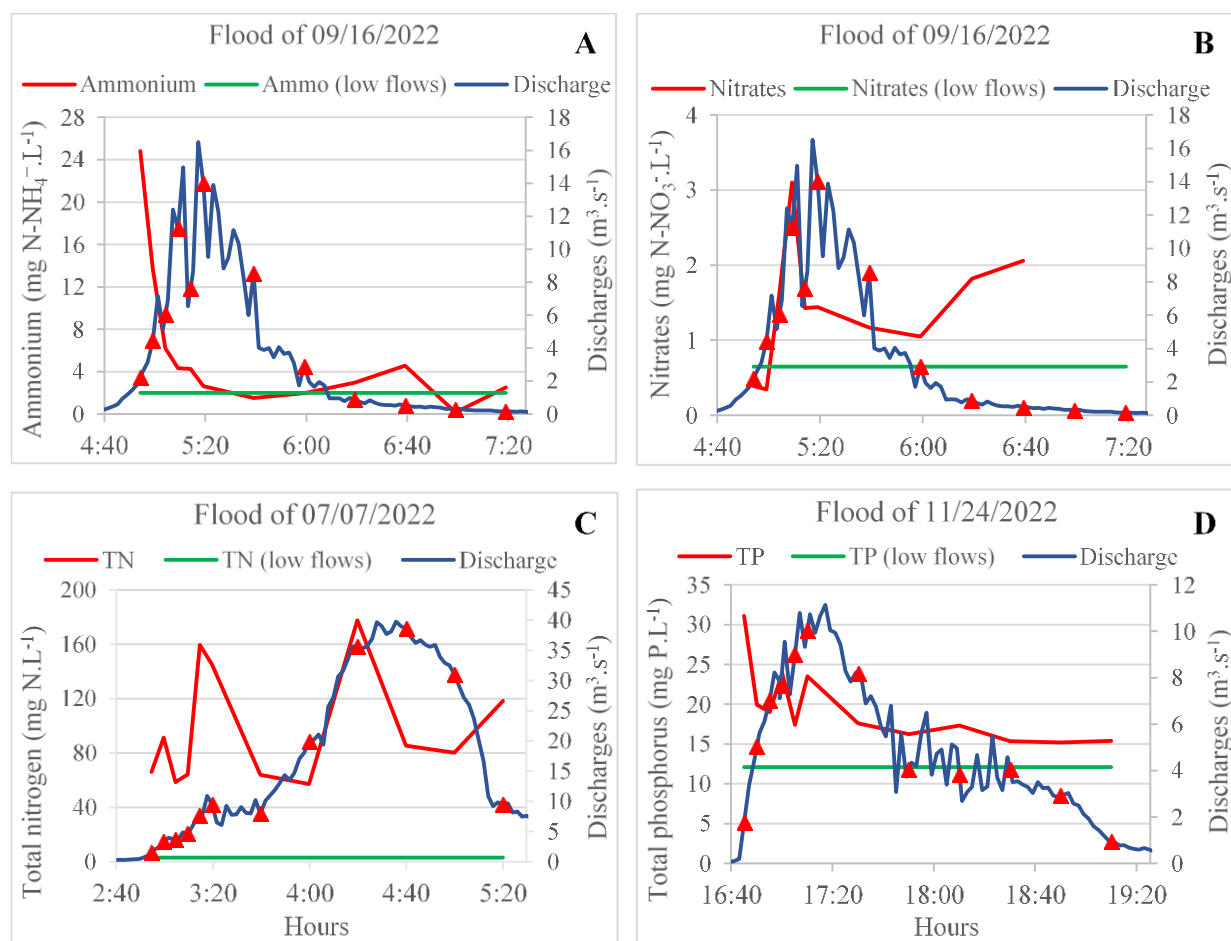


Fig. 5. Dynamics of ammonium, nitrates, total nitrogen and total phosphorus concentrations during low flows and flood events

- Total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP)

Total nitrogen concentrations in UWWs are high, higher than the average concentration in dry weather flows (3 mg N.L^{-1}). Overall, they ranged from 32 to 350 mg N.L^{-1} for all floods (Table 2) and exceeded the Ivorian guideline for liquid discharge (50 mg N.L^{-1}) [19], as well as the discharge standard of the WFD (2000/60/EC) (15 mg N.L^{-1}). The dynamic of the total nitrogen transfer during the high flood of 07/07/2022 shows a significant peak of 180 mg N.L^{-1} which coincides with the peak discharge ($39.7 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$) (Fig. 5-C). This parameter varies significantly from low flow periods to flood events and for different floods (Mann-Whitney test ($p < 0.05$)). The highest mass of nitrogen discharged was observed for the 07/07/2022 event during the long rainy season (i.e. 19 T N).

Total phosphorus concentrations in UWWs are also high, ranging from 0.6 mg P.L^{-1} to 31 mg P.L^{-1} for all flood events. Concentrations during floods (19.3 mg P.L^{-1}) are higher than the average concentration during low flow periods (4.2 mg P.L^{-1}) and exceed the discharge standard of the WFD (2000/60/EC) (2 mg P.L^{-1}). The dynamic of total phosphorus transfer during the flood of 11/24/2022 is characterised by a decrease of the total phosphorus concentrations at the beginning of the flood (a maximum of 31 mg P.L^{-1}) (Fig. 5-D). This parameter varies significantly from low flow periods to flood events and for different floods (Mann-Whitney test ($p < 0.05$)). The highest mass of total phosphorus discharged was observed for the event of 11/24/2022 in the long rainy season (i.e. 1300 Kg P).

Concerning the distribution of nitrogen and phosphorus pollutants, Fig. 6 shows the proportions of the different forms of nitrogen: on the one hand during the flood of 07/07/2022 (representative for the floods of 05/31/2022, 11/24/2022 and 03/29/2023) and on the other hand during the flood of 09/16/2022. For all floods, nitrogen and phosphorus loads were mainly in particulate form, except for the flood of 09/16/2022. On 09/16/2022, most of the nitrogen was in ammoniacal form (over 75%), compared to 10% in organic form. However, the other floods had less than 15% dissolved nitrogen, compared to 85% organic nitrogen (Fig. 6-A and B).

For phosphorus, the particulate form predominated (95%) over phosphates (less than 5% of total phosphorus) in all floods sampled (Fig. 6-C).

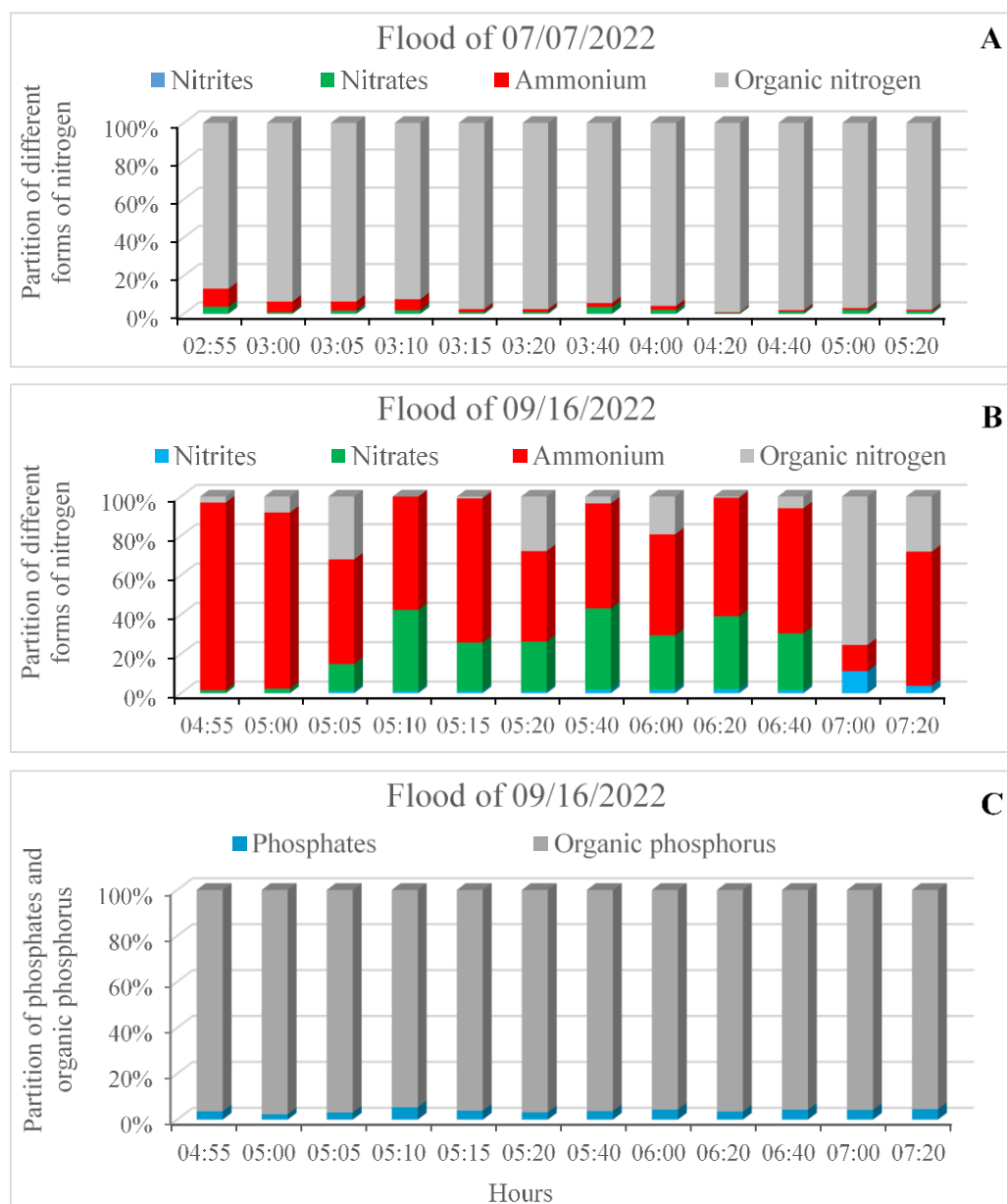


Fig. 6. Proportions of dissolved and particulate forms of nitrogen and phosphorus

3.3 RELATIONSHIP BETWEEN PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS

The joint analysis of the dynamics of discharge, conductivity, TSS and nutrient concentrations, and the determination of the correlation between these parameters allows us to compare their dynamics and to assess the relationship between one parameter and another. Fig. 7 shows the dynamics of dissolved (in this case, ammonium and conductivity) and particulate (total nitrogen, total phosphorus and suspended solids) compounds during floods.

For comparison purposes, the different concentrations have been transformed into reduced centred variables for each element. The dynamics of electrical conductivity and ammonium concentrations were quite similar, with a rapid decrease in concentration as discharge increased (Fig. 7-A). Spearman's test showed a strong positive correlation between ammonium and electrical conductivity: $r = 0.93$ for the 07/07/2022 flood (Table 3). However, there was no similarity between the dynamics of discharge and those of conductivity and ammonium concentrations. Electrical conductivity seems to be a good descriptor of ammonium dynamic.

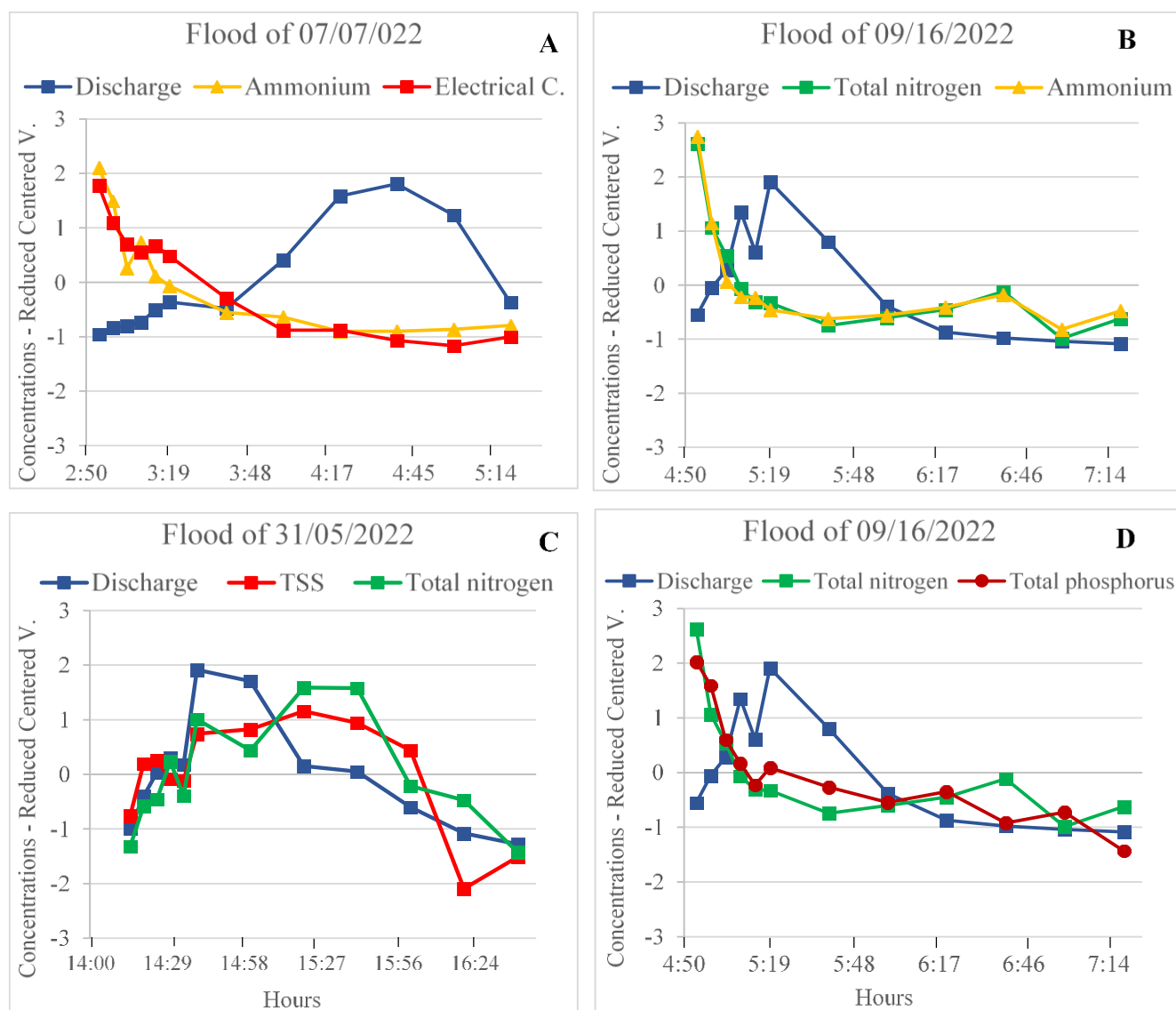


Fig. 7. Dynamics of discharge, electrical conductivity, total suspended solids (TSS), total nitrogen and total phosphorus evaluated together

During the flood of 05/31/2022, there was a simultaneous increase in TSS and total nitrogen with the increase in discharge (Fig. 7-C). There was a significant positive correlation between discharge and TSS ($r = 0.61$) and a significant positive correlation between TSS and total nitrogen ($r = 0.86$). Discharge would therefore be a good descriptor of TSS dynamics during the flood of 05/31/2022. In particular, the flood of 09/16/2022 show significant transfers of ammonium between the different forms of nitrogen, and dynamic of total phosphorus tends to be similar to the dynamic of total nitrogen (Fig. 7-D), and their correlation was positive and significant ($r = 0.776$). (Fig. 7-B and D).

4 DISCUSSION

Analysis of the physico-chemical quality of urban wet weather discharges (UWWDs) revealed an alkaline pH (9.23) and moderately high electrical conductivity ($265 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Furthermore, in a retention/infiltration basin in Chassieu, [20] showed that during the rainy event of 05/05/2015, discharges from the drainage system had an average pH of 8.49 and an average electrical conductivity of $340 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. The high electrical conductivity at the beginning of the flooding in Riviera Palmeraie reflects the effects of constant volume of domestic effluents discharged into the drainage system. The results of the study [4] showed that the conductivity varied from 692 to $1652 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ in dry weather, compared with 152 to $974 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ in wet weather at the outlet of a drainage system.

The UWWDs at Palmeraie are highly contaminated with TSS. In particular, the peak of TSS (19.3 g.L^{-1}) in phase with the peak flow is due to dust and mineral solids from earthworks, unpaved roads and cleared areas, which are very large in the catchment [21] and [22]. Numerous studies have also reported an increase in TSS concentrations during rainfall events, and the mass of TSS discharged exceeds (10 times) that discharged by wastewater on a dry day [23], [24], [25], [26] and [27].

Contamination of UWWDs by oxidisable organics is directly related to wastewater discharges and the use of various chemical components, which are discharged without any treatment in the drainage system. Our results compare well with COD concentrations reported by several authors, which ranged from 70 to $1600 \text{ mg O}_2\text{.L}^{-1}$ in similar studied sites [28], [29] and [30].

Concerning nutrients, the high concentrations of ammonium, total nitrogen and total phosphorus during the rising part of the flood can also be directly related to wastewater discharges. Several authors have shown that wastewater is loaded with amino acids, faeces, and urine which contain 88% of nitrogen and 66% of phosphorus in human waste [31], [32], [33], [34] and [8]).

With regard to the total nitrogen concentration, a significant peak (178 mg N.L^{-1}) is recorded with the flood peak could be caused by rainfall leaching of pollutants from the endogenous deposits of the city. According to [35], [36], [37], this consists of a leaching nitrogen from the soil, organic matter from vegetated surfaces, solid waste and animal excreta as sources of nitrogen.

The distribution of nitrogen forms showed a dominance of dissolved nitrogen for most floods at the catchment outlet. For example, the predominance of ammoniacal nitrogen during a rainy event such as that of 16/09/2022 would be associated with the long duration of dry weather period (2 months) preceding the flood in the dry seasons [38] and [39].

[29] and [36] showed that it should be noted that pollution from urban runoff may contain a higher proportion of ammonia salts. Furthermore, the fraction of non-nitrified ammoniacal nitrogen can become highly toxic to the receiving environment at alkaline pH (above 9) [3], [40], [38] and [41].

However, nitrite ($0.27 \text{ mg N-NO}_2^-\text{.L}^{-1}$) and nitrate ($1.4 \text{ mg N-NO}_3^-\text{.L}^{-1}$) concentrations are relatively low and compare well with nitrite (0.1 mg.L^{-1}) and nitrate (1.6 mg.L^{-1}) concentrations in rainwater [42]. In fact, the lack of oxygen in the effluent, the small size of the catchment and the relatively fast flow velocities leave little time for a complete nitrogen degradation. Anthropogenic contamination in the form of nitrites and nitrates is therefore low. These negligible proportions of nitrates, nitrites and orthophosphates indicate that the Palmeraie catchment is not affected by chemical fertilizers and agricultural activities.

For total phosphorus, the concentration reaches a significant peak (24 mg P.L^{-1}) as the peak flood approaches. According to [43] the lack of phosphorus retention on impervious surfaces, combined with construction sites could be a cause of the high total phosphorus concentration in stream water. Furthermore, the distribution of phosphorus forms showed a dominance of particulate phosphorus for most floods.

Compared to the negligible fraction of phosphates, particulate phosphorus dominates with 95% in UWWDs. This predominance of particulate phosphorus could be explained by the leaching of phosphorus accumulated in biomass from the soil surface of the urban area. In fact, there is a high affinity of phosphorus for the solid and biological phases in terrestrial environments, i.e. a ratio of 1000/1 [44]. In addition, the lack of oxygen in liquid effluents limits the production of dissolved phosphorus (phosphates) during phosphorus degradation.

In summary, nitrogen and phosphorus concentrations were highest during floods sampled during the rainy seasons. It can be seen that the total nitrogen concentration (350 mg N.L^{-1}) exceeds the WFD (2000/60/EC) discharge standard (15 mg N.L^{-1}). Similarly, according to SEQ-Eau, urban wet weather discharges have a very poor quality in terms of ammonium concentration ($24.8 \text{ mg N-NH}_4^+\text{.L}^{-1}$) [45]. In the same way, the total phosphorus concentration (19.3 mg P.L^{-1}) exceeds the discharge standard of the WFD (2000/60/EC) (2 mg P.L^{-1}), thus indicating a risk of eutrophication of receiving waters would be conceivable during rainy periods [46], [47] and [48].

With regard to the dynamics of discharge and conductivity: the joint observation of a rapid decrease of conductivity and an increase of discharge makes it possible to determine the beginning of a rainfall event and, conversely, the end of the event [49].

It should be noted that ammonium dynamics are systematically identical to those of conductivity and characterises the important leaching of dissolved pollutants.

[25] and [35] showed that this result is consistent with the dilution phenomenon observed during floods due to the large quantities of rainwater with low mineral content and low organic matter content mixing with wastewater. The decrease in

conductivity observed during floods can be explained by the dilution phenomenon: rainwater runoff generally has lower conductivity than wastewater.

These phenomena are quite common in urban hydrology [49]. In contrast to biological processes, dilution affects the change in conductivity of UWWDs. There is a pronounced “flushing effect” of the wastewater load at the beginning of a rain event [50] and [24].

The significant correlation between discharge and TSS reflects the ability of stormwater volumes to mobilise solid particles accumulated on the urban fabric. If the fraction of TSS accumulated in the drainage network during dry weather is negligible, this result is consistent with the significant erosion of areas under construction [51]. Also, the similar dynamics of total nitrogen and total phosphorus during each type of flood highlight a stock of nitrogen and phosphorus pollutants of diffuse origin that can increase nitrogen and phosphorus concentrations in UWWDs [48].

5 CONCLUSION

At the end of this study, which focused on the physico-chemical composition of urban wet weather discharges and the dynamics of pollutants in the Riviera Palmeraie catchment, it was found that these discharges are highly concentrated in TSS, with an average of 13 g.L⁻¹.

There is also pollution from domestic sources connected to the drainage network. As a result, there is considerable pollution of oxidisable organic matter, ammoniacal nitrogen, total nitrogen and, to a lesser extent, total phosphorus. Their concentrations far exceeded the WFD standards (2000/60/EC) and Ivorian guideline for liquid discharges.

A high COD of 1330 mg O₂.L⁻¹ was recorded at the beginning of the flood (07/07/2022) during the long rainy season, and a high concentration of ammoniacal nitrogen at the beginning of the flood during the short dry season (09/16/2022). Furthermore, the wet weather urban discharges were characterised by a high concentration of total nitrogen (180 mg N.L⁻¹) at the peak of discharge and a high concentration of total phosphorus at the beginning of the flood.

However, nitrite, nitrate and phosphate concentrations were low and varied little from flood to flood. In addition, significant dilution phenomena were observed after the start of the flood.

Although the Palmeraie catchment is not affected by agricultural activity and chemical fertilisers, there is a risk of eutrophication of the receiving waters during the main and short rainy seasons. To this end, the total nitrogen and total phosphorus discharged during the flood event (flood duration of 3 to 4 hours) were 18652 Kg N and 1290 Kg P, respectively, during the rainy seasons.

Thus, the joint analysis of the discharge and the dynamics of these two nutrients showed a contribution of pollutants of diffuse origin to the increase in nitrogen and phosphorus masses.

According to the SEQ-Eau, the UWWDs of the Riviera Palmeraie would have a negative impact on the turbidity, biological functions and fish fauna in the waters of the Ebrié lagoon, due to excessive inputs of suspended solids, oxidisable organic matter, nitrogen and phosphorus.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was financed and carried out with the aid of the Geosciences and Environment Laboratory (University Nangui Abrougoua, Abidjan, Côte d'Ivoire), the French National Research Institute for Sustainable Development (Institut de Recherche pour le Développement – IRD), the project EVIDENCE (Événements pluvieux extrêmes, Vulnérabilité et risques environnementaux: iNondation et Contamination des Eaux, C2D – PReSeD CI 2) and the project Abidjan: Eaux et Ville en Mutation (International Center for Interdisciplinary Research on Water System Dynamics- ICIREWARD, UNESCO).

REFERENCES

- [1] P. Molle, J. Fournel, D. Meyer, S. Troesch, F. Clement, «Système extensif pour la gestion et le traitement des eaux urbaines de temps de pluie,» 43 p., 2013. hal-02599141.
- [2] S. Zgheib, R. Moillon, G. Chebbo, «Priority Pollutants in urban stormwater: Part 1 - Case of separate storm sewers,» *Water Research* 46, 6683 – 6692, 2012.
- [3] Ferro Y., «Evaluation de l'impact des rejets urbains de temps de pluie sur le compartiment algal des écosystèmes aquatiques et mise au point d'outils pour la surveillance des milieux récepteurs», Thèse de Doctorat - INSA de Lyon, 253 p, 2013.
- [4] Al-Juhaishi M. R. D., «Caractérisation et impact de la pollution dans les rejets urbains par temps de pluie (RUTP) sur des bassins versants de l'agglomération Orléanaise,» Thèse de Doctorat de l'Université d'Orléans, 167 p, 2018.
- [5] N. Laroche, S. Dutordoir, S. Meslier, J. Nemery, P. Belleudy, V. Bouchareychas, N. Peyron, J. Landas-Maneval, C. Rivière, «Rejet de temps de pluie et impact sur le milieu récepteur - cas de l'agglomération grenobloise,» *Novatech*, TSM n°6/2013, 10 p, 2013.
- [6] Branchu P., Molle P., Suaire R., Bernard E., Palfy T.-G., Troesch S., Treatment efficiency evaluation of subsurface flow reed beds designed for urban wet weather discharges: ADEPTE project, NOVATECH, 5 p, 2016.
- [7] J. Barco, S. Papiri, M.K. Stenstrom, «First flush in a combined sewer system,» *Chemosphere* 71, 827–833, 2008.
- [8] WWAP (Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau). Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2017. Les eaux usées - Une ressource inexploitée. Paris, UNESCO., 2017.
- [9] M. Coulibaly, K. A. Eba, K. P. Anoh, «Analyse des conséquences économiques et sanitaires de l'assainissement public dans la ville d'Abidjan (CÔTE D'IVOIRE),» *Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé*, 1 (2), 109-125, 2019. [Online] Available: <https://retssa-ci.com/index.php?page=detail&k=35>.
- [10] A. A. Adingra and A. K. Kouassi, «Pollution en lagune Ebrié et ses impacts sur l'environnement et les populations riveraines,» *F. Tech. & Doc. Vulg.*: 48-53, 2011. [Online] Available: <https://www.researchgate.net/publication/322977986>.
- [11] JMP, UNICEF/OMS, Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017: Special focus on inequalities, 21 p., 2019.
- [12] P. B. Mwanza, J. P. Katond, P. Hanocq, «Evaluation de la qualité physico chimique et bactériologique des eaux de puits dans le quartier spontané de Luwuwoshi (RD Congo),» *Tropicultura* 2295-8010, Volume 37, N° 2, 627, 15 p, 2019.
- [13] A. I. N. Yao-Assahi, A. E. J. E. Y. Gnagne, K. P. Ano, Y. B. Ossey, «Evaluation de la pollution de l'eau liée aux activités industrielles et impact sur la santé des populations à Abidjan Sud,» *Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé* 4 (7), 159-177, 2021. [Online] Available: <https://retssa-ci.com/index.php?page=detail&k=181>.
- [14] RGHP (Recensement Général de la Population et de l'Habitat), Rapport d'exécution et présentation des principaux résultats, 49 p, 2014.
- [15] Bohoussou A. O., «Gestion foncière et discipline urbanistique en Côte d'Ivoire: Apports et limites du permis de construire,» *Maîtrise de recherche en Géographie*, Université de Cocody Abidjan, 2008. [Online] Available: https://www.memoireonline.com/01/13/6851/m_Gestion-fonciere-et-discipline-urbanistique-en-Cte-d-Ivoire-apports-et-limites-du-permis-de-cons0.html.
- [16] A. Attoumane, S. Dos Santos, M. Kacou, A. A. Della, A. W. Karamoko, L. Seguis, E.-P. Zahiri, «Individual perceptions on rainfall variations versus precipitation trends from satellite data: An interdisciplinary approach in two socio-economically and topographically contrasted districts in Abidjan, Côte d'Ivoire,» *International Journal of Disaster Risk Reduction* 81 (2022), 15 p, 2022.
- [17] A. Kangah and A. Alla Della, «Détermination des zones à risque d'inondation à partir du modèle numérique de terrain (MNT) et du système d'information géographique (SIG): Cas du bassin-versant de Bonoumin-Palmeraie (commune de Cocody, Côte d'Ivoire),» *Geo-Eco-Trop.*, 39, 2: 297-308, 2015.
- [18] R Core Team, «A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing,» Vienna, Austria, 2013. [Online] Available: <http://www.R-project.org/>.
- [19] MINEEF, 2018.
- [20] Gosset A., «Evaluation de l'écotoxicité des rejets urbains par temps de pluie: Développement d'une batterie de bioessais et application à la conception de biocapteurs,» *Environnement et Société*. Université de Lyon, 2018.
- [21] SETRA, «Guide technique, Pollution d'origine routière-Conception des ouvrages de traitement des eaux,» 83 p, 2007.
- [22] A. Razakamanantsoa, «Recommandations pour la gestion des émissions de poussières et de l'eau lors de la circulation sur pistes non revêtues,» Université Gustave Eiffel, 55 p, Techniques et méthodes, 2021. hal-03555657.
- [23] M. C. Truchot, B. Chocat, M. Cathelain, A. Mares and J. M. Mouchel, «La pollution due aux rejets urbains par temps de pluie: impacts sur les milieux récepteurs,» *La Houille Blanche*, 80: 1-2, 97-105, 1994. DOI: 10.1051/lhb/1994012.
- [24] Gromaire M. C., «La pollution des eaux pluviales urbaines en réseau d'assainissement unitaire: caractéristiques et origines, » Thèse de Doctorat, ENPC, Paris, 502 p, 1998.
- [25] Tessier L., «Transport et caractérisation des matières en suspension dans le bassin versant de la Seine: identification de signatures naturelles et anthropiques,» Thèse de Doctorat, ENPC, Paris, 320 p, 2003.

- [26] F. Birgand, J. Lefrançois, C. Grimaldic, E. Novince, N. Gilliet, C. Gascuel-Oudou. «Mesure des flux et échantillonnage des matières en suspension sur de petits cours d'eau, ». Sciences Eaux & Territoires, Ingénieries N° 40 –21-35, 2004.
- [27] Koffi E. S., «Estimation et modélisation des flux d'eau et de matière à la lagune aghien: source potentielle d'eau potable du district d'abidjan (côte d'ivoire), dans un contexte d'urbanisation et de variabilité climatique,» Thèse de Doctorat de l'Université Nangui Abrogoua, 211 p, 2021.
- [28] D. Grange, «La mesure en continu des eaux de ruissellement en système unitaire: un outil pour le choix d'une stratégie de lutte,» La Houille Blanche, 1994 1/2: 39 – 41, 1994.
- [29] Saget A., «Base de données sur la qualité des rejets urbains de temps de pluie: distribution de la pollution rejetée, dimensions des ouvrages d'interception,» Thèse de Doctorat, ENPC, Paris, 227 p, 1994.
- [30] B. Chocat, J-L. Bertrand-Krajewski and S. Barraud, «Eaux pluviales urbaines et rejets urbains par temps de pluie,» Techniques de l'ingénieur: 1-17, 2007.
- [31] Le Gal Y., «Biochimie marine,» Ed. Masson, Paris, 222 p, 1989.
- [32] B. Tassin and D. Thevenot, «Rejets urbains par temps de pluie: pollution et nuisances: actes des troisièmes journées du diplôme d'études approfondies - Sciences et techniques de l'environnement,» Presses de l'ENPC, Paris, 257 p., 1993, 978-2-85978-193-4, 1992. hal-01180122.
- [33] Angerville R., «Evaluation des risques écotoxicologiques liés au déversement de Rejets Urbains par Temps de Pluie (RUTP) dans les cours d'eau: Application à une ville française et à une ville haïtienne. Chimie,» INSA de Lyon, 477 p, 2009.
- [34] Prigent S., «Optimisation du traitement de l'azote et du phosphore des eaux usées domestiques adapté aux filtres plantés de roseaux. Génie des procédés,» Thèse de Doctorat de l'Université Nantes Angers Le Mans, 227 p, 2012. <https://theses.hal.science/tel-00809593/>.
- [35] F. Benrejda, H. Haddad, H. Ghoualem, «Contribution à l'analyse physico-chimique des eaux de ruissellement urbaines,» Algerian J. Env. Sc. Technology, 4: 3 833-837, 2018.
- [36] A. Bachoc, J.P. Tabuchi, G. Chebbo, J.P. Philippe, «La pollution des rejets urbains par temps de pluie: Quantité, origine et nature,» La houille blanche / N° 1 /2-1994, 13 p, 1994.
- [37] Berreta C., Gnecco I., La Barbera P., Lanza L. G., Monitoring first flush water quality under various anthropic activities. In: 5e conférence Internationale Techniques et stratégies durables pour la gestion urbaine des eaux pluviales par temps de pluie, Lyon, NOVATECH 2004, pp. 177-185, 2004.
- [38] OFEV (Office fédéral de l'environnement - Suisse), Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Analyses physico-chimiques, nutriments, 44 p, 2010.
- [39] Olivier L., Dubois V., Boutin C., «Caractérisation des eaux usées brutes générées par les particuliers: quantité et qualité,» 69 p, 2019.
- [40] Segbeaya K. N., «Évaluation de l'impact des déchets ménagers de la ville de Kara (Togo) sur la qualité de la rivière Kara,» Thèse de Doctorat de l'Université de Lomé, 204 p, 2012.
- [41] Hayzoun H., «Caractérisation et quantification de la charge polluante anthropique et industrielle dans le bassin du Sebou,» Thèse de Doctorat de l'Université de Toulon (France) et du centre d'études doctorales « sciences et technologie » - Fès (Maroc), 175 p, 2014.
- [42] Schmitt N., «Caractérisation des systèmes hybrides pour le traitement des eaux pluviales: mitigation des substances prioritaires et émergentes,» Génie des procédés, Université de Strasbourg, 367 p, 2014.
- [43] E. Ghane, A. Z. Ranaivoson, G. W. Feyereisen, C. J. Rosen, J. F. Moncrief, «Comparison of Contaminant Transport in Agricultural Drainage Water and Urban Stormwater Runoff,» PLoS ONE 11 (12): e0167834. DOI: 10.1371/journal.pone.0167834, 23 p, 2016.
- [44] J.-M Dorioz and D. Trevisan, «Le transfert diffus du phosphore dans les bassins agricoles: ordres de grandeur, mécanismes, maîtrise,» Sciences Eaux & Territoires, Ingénieries n° spécial, 27-47, 2013.
- [45] SEEE, «Fiche sur le nouveau système d'évaluation de la qualité des eaux,» Maroc, 5 p, 2008.
- [46] G. Billen, J. Garnier, J. Némery, M. Sebilo, A. Sferratore, S. Barles, P. Benoit, M. Benoît, «A long-term view of nutrient transfers through the Seine river continuum,» Science of the Total Environment 375, 80-97, 2007.
- [47] Mama D., «Méthodologie et résultats du diagnostic de l'eutrophisation du lac Nokoue (Benin),» Thèse de l'Université de Limoges, 157 p, 2010.
- [48] Graças Silva T. F. D., «Suivi et modélisation de la dynamique des cyanobactéries dans les lacs urbains au sein de leur bassin versant,» Thèse de Doctorat de l'Université Paris-Est et de l'Université Federal de Minas Gerais, 262 p, 2014.
- [49] Becouze-Lareure C., «Caractérisation et estimation des flux de substances prioritaires dans les rejets urbains par temps de pluie sur deux bassins versants expérimentaux,» Thèse de Doctorat, INSA Lyon, 298 p, 2010.
- [50] Seidl M., «Caractérisation des rejets urbains de temps de pluie et de leurs impacts sur l'oxygénation de la seine,» Thèse de Doctorat de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 181 p, 1997.
- [51] Rossi L., Modélisation des matières en suspension (MES) dans les rejets urbains en temps de pluie, Projet «STORM», 753-761., 2004.

Conception et mise en place d'une application d'identification des prévenus par empreinte digitale: Cas de processus judiciaire en RDC

[Design and implementation of an application for identifying defendants by fingerprint: Case of judicial process in the DRC]

Kondatata Mbambu Jordan¹, Mansinsa Matuetimona Bergelin², Katana Vinny Benjamin², and Meni Babakidi Narcisse³

¹Institut Supérieur de Techniques Appliquées de Kasangulu, Section Electronique, Kongo-Central, RD Congo

²Institut Supérieur de Techniques Appliquées de Gombe Matadi, Section Informatique, Kongo-Central, RD Congo

³Institut Supérieur de Techniques Appliquées de Kinshasa, Section Electronique, Kinshasa, 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 choice of this theme aims at the relative interest with the object that had attracted our attention as researchers in Engineering Sciences. Indeed, it all started with an exchange and observation of the judicial sentencing process in the Democratic Republic of Congo (DRC), so we were driven by the desire to improve this process to allow an optimal management and a smooth running of the judicial procedure of Congolese citizens. This article will provide a possible solution in order to maximize the management of the various files and to allow the archiving of judgments for a follow-up not only of the prisoners but also of the various judges and clerks who also commit the crimes within the Ministry of Justice. In addition to the literature review, which is upstream of all the methods used, the analytical method accompanied by the Merise and UML methods helped us to achieve our objective. The results obtained in this article are those: to know the criminal records of all Congolese citizens; to make the information of each of them accessible through a shared database and access the data while eliminating the loss of files of all Congolese citizens.

KEYWORDS: digital, warned, legal process judicial.

RESUME: Le choix de cette thématique vise l'intérêt relatif avec l'objet qui avait attiré notre attention en tant que chercheur en Sciences de l'Ingénieur. En effet, tout était parti par un échange et une observation du processus de condamnation judiciaire en République Démocratique du Congo (RDC), ainsi nous étions poussés par le goût de vouloir améliorer ce processus pour permettre une gestion optimale et un bon déroulement de la procédure judiciaire des citoyens Congolais. Cet article va apporter une piste de solution en vue de maximiser la gestion des différents dossiers et de permettre l'archivage des jugements pour un suivi non seulement des prisonniers mais aussi des différents juges et greffiers qui commettent aussi les délits au sein du ministère de la justice. Outre la revue documentaire qui est en amont de toutes les méthodes utilisées, la méthode analytique accompagnée des méthodes Merise et UML nous avaient aidés à atteindre notre objectif. Les résultats obtenus dans cet article sont ceux: de connaître les casiers judiciaires des tous citoyens Congolais; de rendre accessible les informations de chacun d'eux grâce à une base de données partagée et accéder aux données tout en éliminant la perte de dossiers de tous citoyens Congolais.

MOTS-CLEFS: empreinte digitale, prévenus, processus judiciaire.

1 INTRODUCTION

La biométrie rentre dans le domaine technologique qui permet de traiter la vérification d'identité et/ou de l'identification des personnes à l'aide de leurs caractéristiques individuelles, pouvant être physiques ou comportementales. Vu de son importance, ce domaine est devenu un axe de recherche à part entière [1, 5].

En fait, une empreinte digitale est un outil biométrique très utilisé pour la reconnaissance des individus en médecine légale et pour la police scientifique parce qu'elles sont uniques et immuables, elles ne se modifient donc pas au cours du temps (sauf par accident comme une brûlure par exemple). La probabilité de trouver deux empreintes digitales similaires est de 1 sur 10^{24} [3]. Les jumeaux, par exemple, venant de la même cellule, auront des empreintes très proches mais pas semblables.

Après plusieurs moments d'observation du processus judiciaire en RDC en tant que chercheur, nous avons constatés que la gestion du dossier judiciaire n'est pas informatisée.

Pour rendre facile l'accès aux informations, il existe plusieurs solutions informatiques; et ce qui nous concerne, le constat fait sur l'environnement, révèle que l'informatique est plus considéré et utilisé comme un outil et un support incontournable [4]. Ce présent travail décrit toute l'analyse et la conception d'une application de gestion du dossier des condamnés judiciaire en RDC. Dans les lignes qui suivent, nous allons présenter les problèmes que connaît la procédure judiciaire en RDC, à savoir:

- Les pertes des informations sur les condamnés vu qu'ils sont enregistrés sur des supports papiers ainsi que la mauvaise conservation;
- Le mauvais suivi de dossier en rapport avec la procédure judiciaire.

Tenant compte des problèmes cités ci-haut, nous nous sommes posé la question celle de savoir: comment améliorer la gestion de dossiers des condamnés judiciaires en RDC pour pallier aux différents problèmes liés aux pertes des informations et au suivi rapide du dossier ?

Cet article propose la conception et la mise en place d'une application d'identification par empreinte digitale à l'échelle nationale revêt une importance capitale pour toute nation soucieuse de sa sécurité.

2 METHODES, MATERIELS ET RESSOURCES LOGICIELLS

2.1 METHODES

Pour arriver à atteindre l'objectif que nous nous sommes assignés, nous avons opté pour la méthode analytique pour la collecte de données et conceptuelle pour l'analyse du système à concevoir pour bien modéliser en découpant en itération les processus, et incrémenter par la suite pour pouvoir arriver à une solution meilleure [6].

2.2 MATERIELS

Pour bien mener notre étude sur la réalisation de cette application, il a été mis en notre disposition un ensemble des matériels dont nous allons énumérer avec leurs caractéristiques qui sont les suivants:

- Ordinateur;
- Scanner biométrique des empreintes digitales.

2.2.1 ORDINATEUR

Nous avons utilisé un ordinateur de la marque Packard bell qui possède les caractéristiques ci-après:

- Processeur: Intel® I5® 2.00 Ghz;
- RAM: 8.00 Go;
- OS: Microsoft Windows Ten.

2.2.2 SCANNEUR BIOMETRIQUE DES EMPREINTES DIGITALES

Le lecteur d'empreinte digitale scanne puis relève des éléments permettant de différencier les empreintes. Ces éléments sont appelés minuties. Il existe plusieurs types de minuties: lac, bifurcation, delta ou impasse...etc. Ce type de technique biométrique est utilisé par les institutions financières pour leurs clients et se trouve en même temps dans les hôpitaux, les écoles, les aéroports, la police...etc [2].

Dans le cadre cet article, nous avons utilisé pour la capture des empreintes, un scanner de la marque Digital Persona qui possède les caractéristiques suivantes:

- Résolution de pixel: dpi 512 (x moyen, y au-dessus de la zone de balayage);
- Données de balayage: gamme de gris de 8 bits (256 niveaux de gris);
- Zone de saisie de balayage: 14.6 millimètres (nom. Largeur au centre) 18.1 millimètres (nom. Longueur);
- Taille de lecteur (approximative): 70 millimètres x 36 millimètres;
- Compatibilité: Microsoft windows seven, Linux;
- SDK: PersonalDigital;
- Langages de programmation: VB.Net, Java, PHP, C#, C++.

La figure 1 ci-dessous représente le scanner d'empreinte digitale de marque DigitalPersona.



Fig. 1. Scanner biométrique d'empreinte digitale modèle U.are.U 4000b

2.2.3 CHOIX DU TYPE DE RESEAU

Il est indispensable de porter un choix sur le réseau dans ce travail car le ministère de la justice à travers toute la République possède plusieurs instances judiciaires; d'où en cas de nécessité des informations, chacun ne saura pas traiter sa propre ressource autant plus que c'est une même institution.

C'est pourquoi le choix de notre type de réseau sera porté sur le mode client/serveur qui, consistera à partager toutes les données en réseau et leurs traitements ainsi que leurs sauvegardes seront gérées par le serveur. Dans l'application de cette étude, les machines clientes contactent le serveur qui, leurs fournit des services qui sont des programmes fournissant des données désirées par un utilisateur.

2.3 RESSOURCES LOGICIELLES

L'aboutissement de ce travail a nécessité le concours de quelques environnements de développement qui sont les suivants:

- Visual studio 2015;
- SQL server Management studio 2012.

3 ETAT DE LIEU DU PROCESSUS D'IDENTIFICATION DES PREVENUS EN CAS DE CONDAMNATION JUDICIAIRE EN RDC

La reconnaissance des individus a connu plus d'importance dans la vie humaine quotidienne. Elle assure les transactions des personnes en différenciant domaines afin d'assurer une sécurité pertinente. En effet, la République Démocratique du Congo (RDC) un pays à la population estimée à plus de 80.000.000 habitants ne possède pas un système informatisé de gestion des dossiers judiciaires de sa population. Le juge laisse circuler les prisonniers dans les rues du pays et après un nouveau forfait, il y a un nouveau procès sans tenir compte du casier judiciaire (forfaits antécédents) de la même personne.

Les cas récents des évasions de nos différents prisons et cachots, les habitants de Kinshasa ont été harcelé par les hommes en uniforme pour l'identification des évadés. Or si l'état congolais détenait une base de données globale de la gestion de la population la solution serait portative d'une simple interface pour retrouver les différents évadés avec la précision et toute la traçabilité de l'évolution de leur dossier judiciaire. Ce que va proposer cet article.

4 CONCEPTION DU SYSTÈME

4.1 STRUCTURE DU SYSTÈME

En vue de permettre une fluidité dans le processus de l'identification des condamnés judiciaires en RDC, arrive la réflexion de recourir à un système permettant de reconnaître avec exactitude ces antécédents. La figure 2 ci-dessous montre la structure du système que propose cet article:

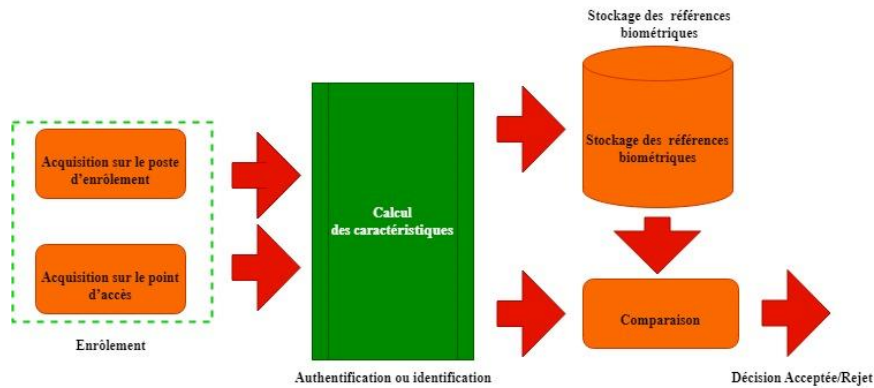


Fig. 2. Système proposé pour l'identification biométrique

4.2 MODÉLISATION

4.2.1 CREATION DE LA BASE DE DONNEES

La création de la base de données dans SQL server s'effectue par deux méthodes à savoir celles de ligne de commande et de mode graphique. Nous allons représenter par différentes illustrations, en mode graphique.

La figure 3 présente l'interface de création de la base de données.

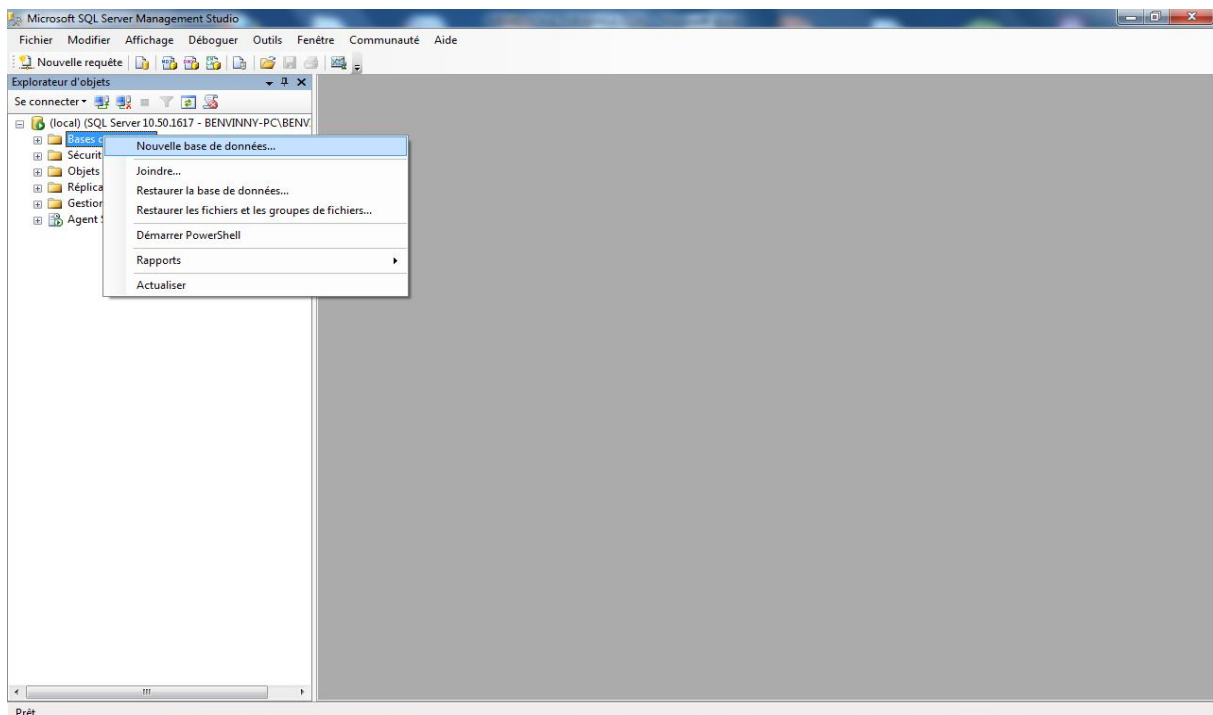


Fig. 3. Interface de création de la base de données pour la procédure judiciaire sous Microsoft Sql server 2012

Dans le volet Bases de données, on fait clic droit, nouvelle base de données, le nom de la base de données dans la zone Nom de la base qui s'affiche. Ici, le nom de la base de données est `procedure_jud`. Puis cliquer sur OK.

4.2.2 CRÉATION DES TABLES

La base de données sous étude utilise dix tables, chacune étant un fichier sur l'ordinateur, fait office de conteneur pour tous les objets de la base de données.

Pour créer une table, nous allons placer le curseur de la souris sur la nouvelle base de données créée, ouverture de son onglet puis on fait clic droit sur son sous onglet Table ensuite créer nouvelle table, comme illustre la figure 4.

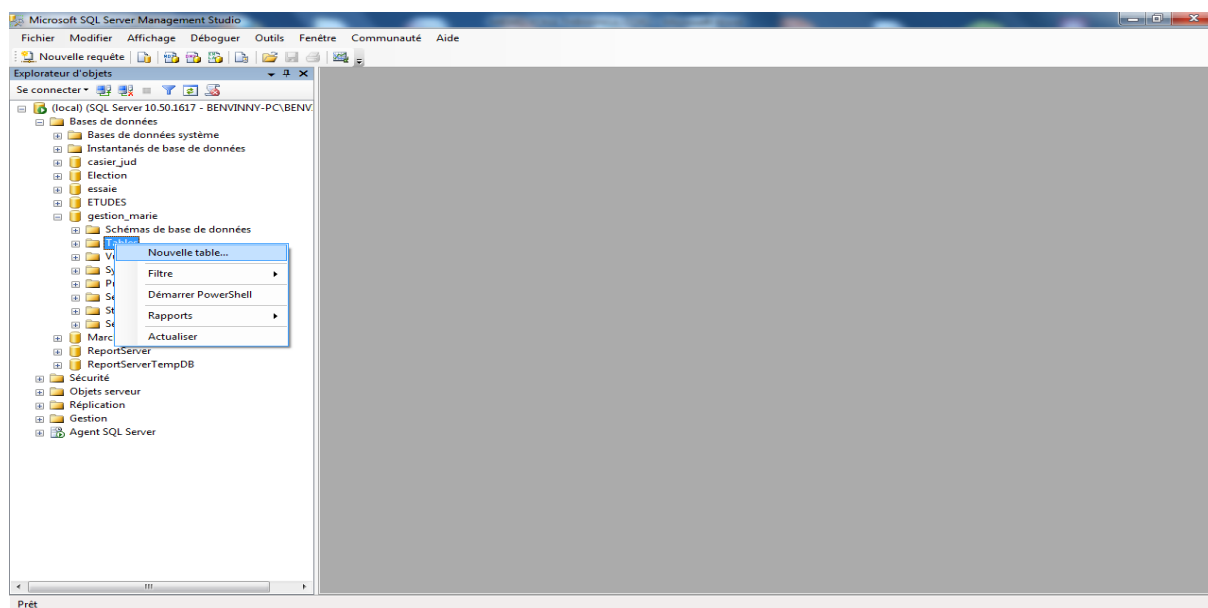


Fig. 4. Interface de création d'une table dans la base de données pour la procédure judiciaire sous Microsoft SQL server 2012

En suite une nouvelle table est insérée dans la base de données; puis on insère les données du schéma logique relationnel pour commencer à définir des champs comme le montre la figure 5, l'exemple de la création de la table Prevenu.

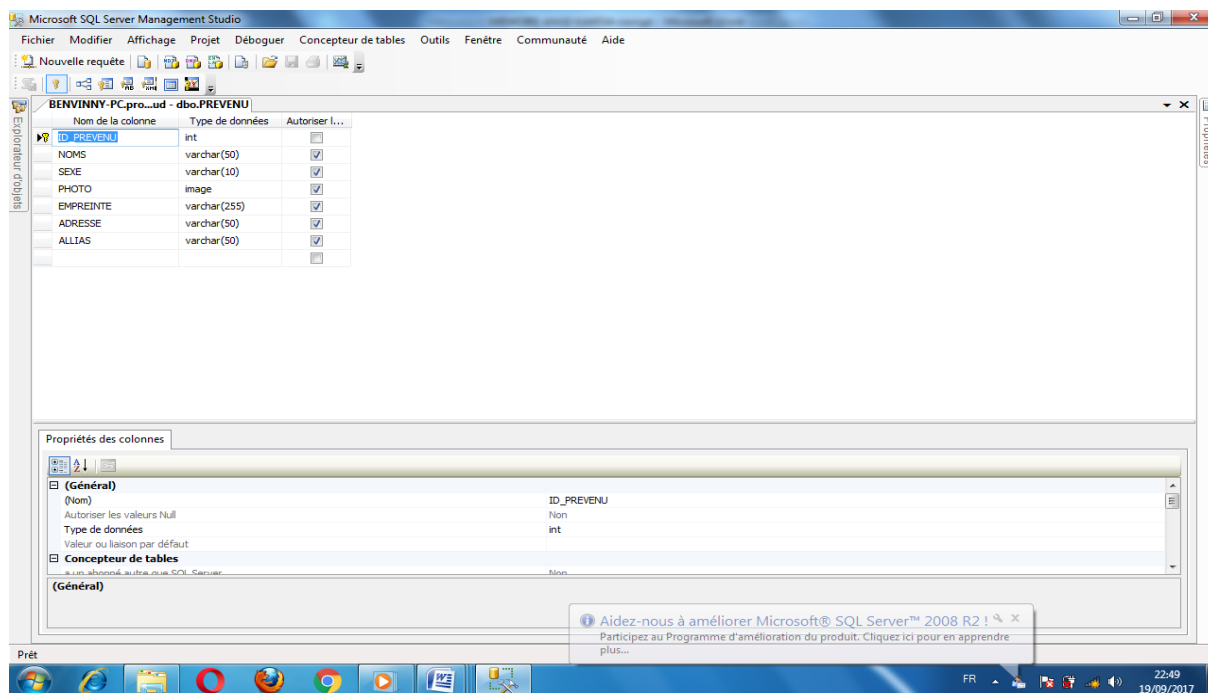


Fig. 5. Exemple d'interface d'insertion de données des schémas logiques pour la table Prevenu sous Microsoft Sql server 2012

4.2.3 CREATION DES RELATIONS ENTRE LES TABLES

La figure 6 présente la création des relations entre les tables dans le cas de processus judiciaire.

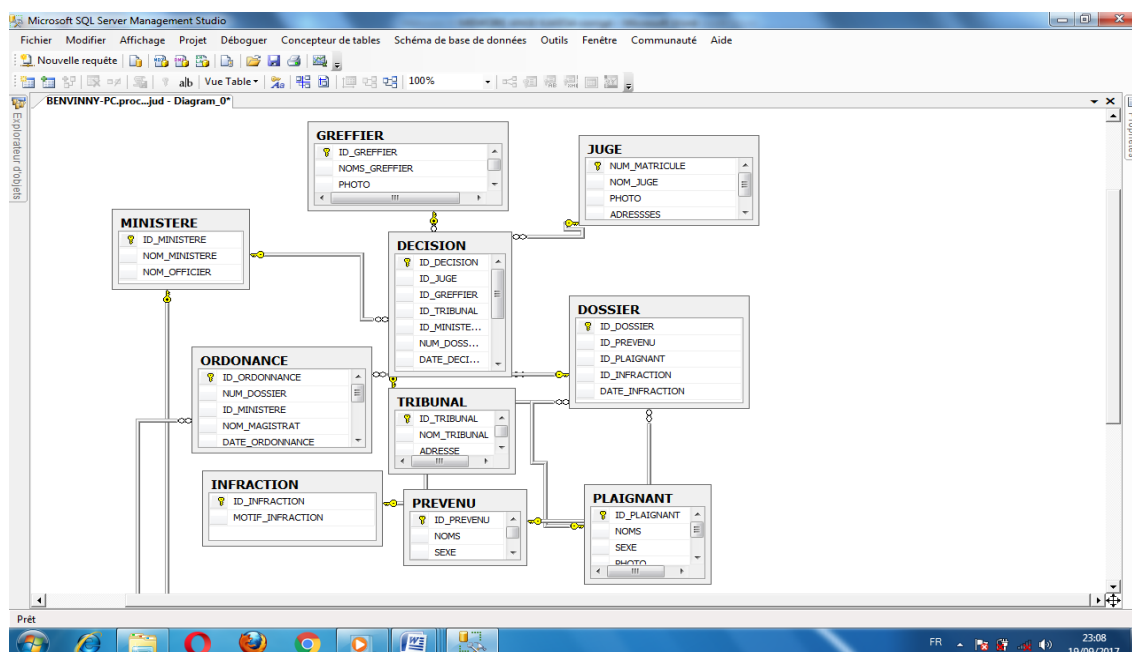


Fig. 6. Capture d'écran des relations entre les tables dans SQL server 2012

4.2.4 CALCUL DU VOLUME DE LA BASE DE DONNEES

Le calcul du volume de la base de données que nous présentons se fait par manque de statistiques raison pour laquelle, nous allons procéder par les approximations; sachant que le volume d'un caractère est de 1 octet, que les occurrences sont les nombres d'enregistrements par table. Le volume global du fichier et de l'index de la base de données sont respectivement présentés dans les tableaux 1 et 2.

Sauf exceptions, il est à savoir que judiciairement les dossiers sont normalement conservés jusqu'au moment où le contrevenant atteint 125 ans.

Nous avons procédé par des approximations suivantes:

- La population de 80.000.000 d'habitants de la République Démocratique du Congo est formée des familles de 10 personnes chacune, soit au total 8.000.000 de familles;
- Dans chacune de ces familles, 2 personnes sur 10 peuvent être prévenues, soit 1.600.000 personnes;
- 1 %, soit 16.000 personnes peuvent être prévenues chaque mois sur l'ensemble de la République, soit $16.000 \times 12 = 192.000$ prévenus par an;
- Sur les 125 ans requis pour le stockage de dossiers judiciaires, le nombre d'occurrence sera de 24.000.000.

On a ainsi les tableaux suivants:

Tableau 1. Volume des tables de la base de données

N°	Entité (Table)	Taille Table (octet)	Nombre d'occurrences	Volume (octet)
1	Prévenu	355	24.000.000	8.520.000.000
2	Plaignant	100	24.000.000	2.400.000.000
3	Greffier	125	24.000.000	3.000.000.000
4	Juge	125	24.000.000	3.000.000.000
5	Tribunal	100	24.000.000	2.400.000.000
6	Décider	225	24.000.000	5.400.000.000
7	Ordonner	175	24.000.000	4.200.000.000
8	Infraction	100	24.000.000	2.400.000.000
9	Dossier	-	24.000.000	24.000.000
10	Ministère	75	24.000.000	1.800.000.000
TOTAL				33.144.000.000

Tableau 2. Volume des index de la base de données

N°	TABLES	CLES					Nbre d'occurrences	VOL
		PRIMAIRES		SECONDAIRES		VOL. CLES		
		CLES	VOL.	CLES	VOL			
1	DECIDER	ID_DECIDER	-	MATRICULE_JUGE	25	50	24.000.000	1.200.000.000
				ID_GREFFIER	25			
				ID_TRIBUNAL	-			
				ID_MINISTERE	-			
				ID_DOSSIER	-			
2	DOSSIER	ID_DOSSIER	-	ID_PREVENU	-	-	24.000.000	24.000.000
				ID_PLAIGNANT				
				ID_INFRACTION				
3	GREFFIER	ID_GREFFIER	-	-	-	25	24.000.000	600.000.000
4	INFRACTION	ID_INFRACTION	-	-	-	-	24.000.000	24.000.000
5	JUGE	MATRICULE_JUGE	25	-	-	25	24.000.000	600.000.000
6	MINISTERE	ID_MINISTERE	-	-	-	-	24.000.000	24.000.000
7	ORDONNER	ID_ORDONNANCE	-	ID_DOSSIER	-	-	24.000.000	24.000.000
				ID_MINISTERE	-	-		
8	PLAIGNANT	ID_PLAIGNANT	-	-	-	-	24.000.000	24.000.000
9	PREVENU	ID_PREVENU	-	-	-	-	24.000.000	24.000.000
10	TRIBUNAL	ID_TRIBUNAL	-	-	-	-	24.000.000	24.000.000
TOTAL								2.568.000.000

Le volume total de la base de données est de:

$33.144.000.000 + 2.568.000.000 = 35.712.000.000$ Octets, soit 34.875.000 kilo-octets ou 34.058 méga-octets.

En tenant du coefficient multiplicateur de correction, variant entre 1,5 et 3,5, le volume réel de la base de données est de $34.058 \times 3 = 102.174$ Méga-octets est environ égal à 100 Go.

5 RÉSULTAT

Pour la bonne gestion de données, il est à savoir que multiples opérations doivent être effectuées entre autre les mises à jours, les enregistrements, les consultations etc...

Nous allons illustrer quelques captures pour expliquer les étapes d'utilisation de notre application.

5.1 LANCEMENT DE L'APPLICATION

Le lancement de l'application s'effectue lors de son exécution. Après avoir exécuté, une page d'authentification apparait pour demander l'accès à l'interface d'accès aux données. Cette page doit contenir le renseignement ci-après: Nom utilisateur et mot de passe.

La figure 7 illustre l'introduction des informations dans la page d'authentification.



6 INTRODUCTION D'INFORMATION D'AUTHENTIFICATION

Après l'introduction des informations d'authentification, un accès à la page d'accueil de l'application s'effectue avec succès.

Par ailleurs, la page d'accueil nécessitera un simple clic sur le bouton démarrer pour avoir accès au menu principal de l'interface de données. La figure 8 montre la page d'accueil de l'application après renseignement des informations d'authentification.

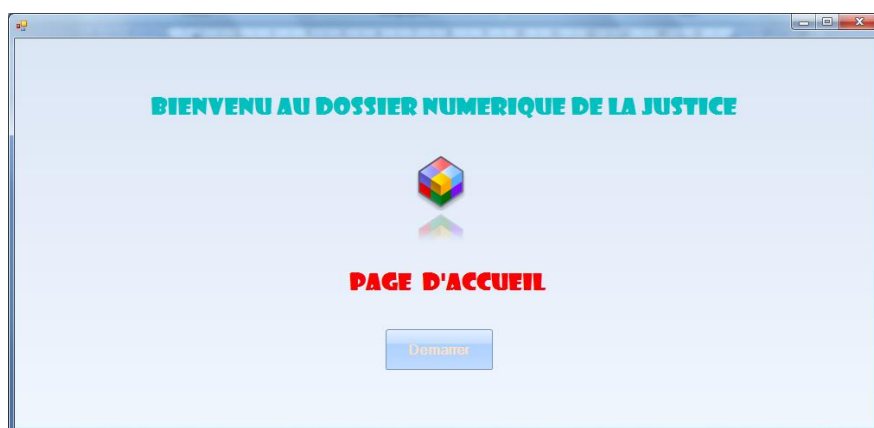


Fig. 7. Apparition de la page d'accueil

6.1 ENREGISTREMENT DES INFORMATIONS

Pour effectuer l'opération de l'enregistrement, il suffit de procéder de la manière suivante dans le menu principal: Cliquer sur le Menu; Sélectionner Enregistrement; Choisir le type d'enregistrement (Ici, nous pouvons enregistrer: le prévenu, le plaignant, le dossier et infraction, le ministère et le tribunal, le juge et le greffier et l'ordonnance et décision).

La figure 9 présente la capture d'écran du menu principal.



Fig. 8. Capture d'écran du menu principal

6.2 CONSULTATIONS DES INFORMATIONS

L'opération de la consultation est identique pour toutes les informations. Nous allons ici illustrer à titre d'exemple une capture. Pour effectuer une consultation, il suffit de procéder toujours au menu principal de la manière suivante:

- On porte le choix dans le menu sur consultation;
- On clique sur le bouton actualiser dans l'interface de consultation pour récupérer les informations;
- Et enfin on peut faire le filtrage en fonction de la rubrique du filtre.

La figure 10 présente la capture d'écran de la consultation pour le prévenu.

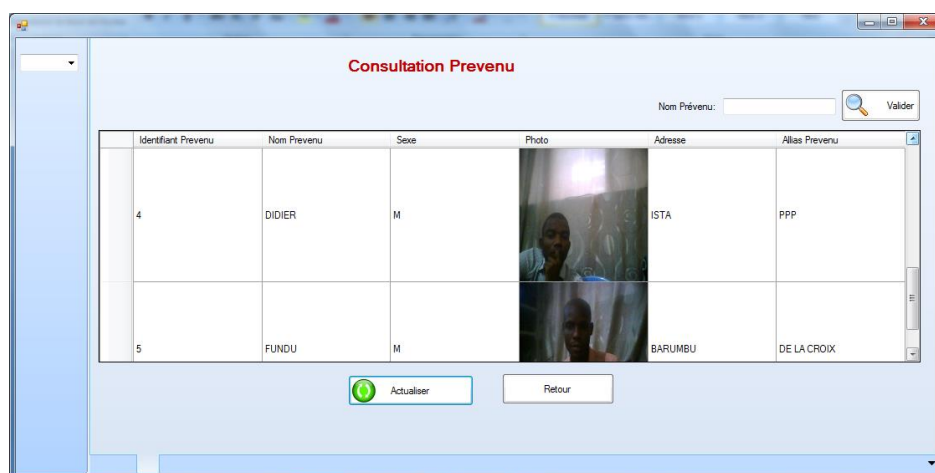


Fig. 9. Consultation Prévenu

6.3 VÉRIFICATION

Cette opération se passe de la même manière que celle de consultation mais celle-ci, consiste à faire la vérification d'un prévenu en se basant sur son empreinte, comme le montre la figure 11 ci-dessous.

Pour appliquer cette opération, on procède de la manière suivante:

- On porte le choix au menu principal de la vérification;
- On clique sur le bouton (Vérifier) dans l'interface de consultation pour lancer l'opération;
- On pose le doigt au capteur d'empreinte digitale.

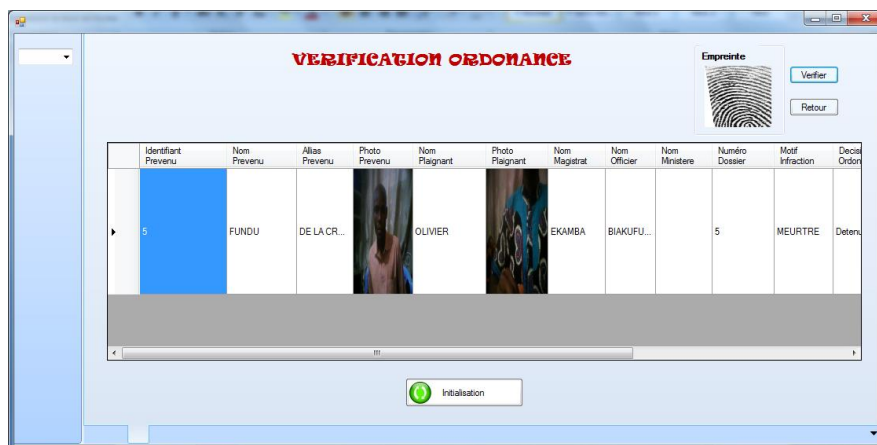


Fig. 10. Vérification d'ordonnance d'un prévenu

6.4 CONFIRMATION DE SORTIE

La confirmation de sortie se fait par un simple renseignement de l'empreinte du prévenu pour signaler sa sortie tout en mettant à jour sa date de sortie qui, ne sera pas au préalable lors de l'enregistrement d'une ordonnance ou décision renseignée, comme illustre la figure 12. Pour confirmer la sortie on procède de la manière suivante:

- On porte le choix dans le menu sur la confirmation de sortie;
- On clique sur le bouton (confirmer) pour lancer l'opération;
- On pose le doigt sur le capteur d'empreinte digitale.

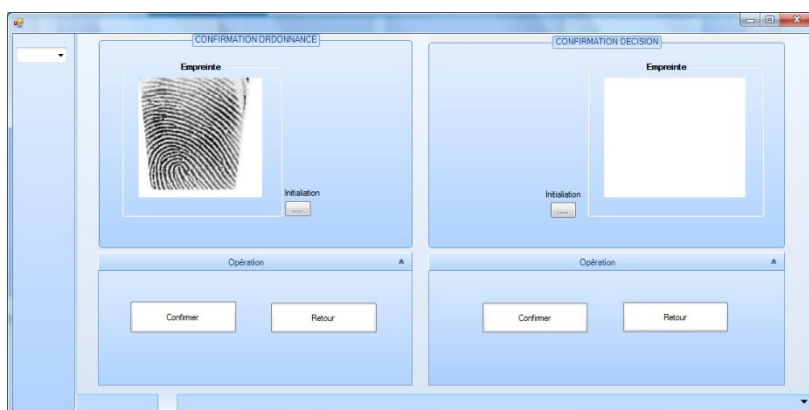


Fig. 11. Confirmation sortie pour ordonnance

7 CONCLUSION

Pour bien assurer la gestion des dossiers de condamnations judiciaires des citoyens Congolais en République Démocratique du Congo (RDC), il vaut mieux avoir des bons matériels pouvant aider à bien.

Dans cet article, il a été question de développer une application de gestion des dossiers des condamnations judiciaire des citoyens Congolais en République Démocratique du Congo, qui est une solution efficace qui résout les problèmes de gestion évoqués ci-dessus. Il est mieux de signaler qu'il existe un très grand nombre des logiciels pouvant assurer cette gestion, mais il vaut mieux adapter l'outil aux spécifications de la société. C'est ainsi que nous avons été amenés à développer le logiciel selon le cahier des charges que les utilisateurs ont présentés.

REMERCIEMENTS

Nous avons l'obligation de nous acquitter d'un agréable devoir, celui de remercier toutes les personnes, qui ont contribué de loin ou de près à la rédaction de cet article.

REFERENCES

- [1] A. K. Jain, A. Ross and S. Pankanti. Biometrics: A Tool for Information Security, IEEE Trans. On Information Forensics and Security, 1: 2, (2006), pp. 125- 143.
- [2] CHRISTIAN DAMSGARD JENSEN, Thèse Doctorat, Un modèle de contrôle d'accès générique et sa réalisation dans la mémoire virtuelle répartie unique Arias, Université de JOSEPH FOURIER GRENOBLE, 29 octobre 1999.
- [3] El mehdi Cherrat, Rachid Alaoui et Hassane Bouzahir: Reconnaissance Automatique d'Empreintes Digitales. Journées scientifiques en science appliquées Larache (Maroc), 25-26 Mars 2016.
- [4] Elie MWEZ R.; Bazin NSHIMBA I.; Elam KYUNGU L.; Patrice MUSUL N. and Dennis TSHIKUDI T.: Mise en place d'un système informatique de gestion de mutation des agents de l'enseignement primaire, secondaire et professionnel. International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol. 39 No. 1, p.446 Mar. 2023.
- [5] L. Hong and A. Jain. Integrating Faces and Fingerprints for Personal Identification, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, (1998), vol. 20, no. 12, pp. 1295-1307.
- [6] Patrick NZAZU V. and Claude Takenga: Design and implementation of an intelligent system for automatic verification of attendance and authorization in an examination room: Case of the Univerity ULPGL. International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol. 48 No. 2, p.61 May. 2020.

Expérience des parents sur l'encadrement des enfants avec le bégaiement dans la Commune de Makiso à Kisangani

[Parents' experience of supervising children with stuttering in the Municipality of Makiso in Kisangani]

KAMBALE AMANI Etienne¹, ANZASILOKO TABO Chantal², UCIRCAN BULE Chrisante³, and MIMILYABO SEZABO Pascal⁴

¹Pédiatrie Infantile, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bunia, Bunia, Ituri RD Congo

²Sage-femme, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bunia, Bunia, Ituri RD Congo

³Santé Publique, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bunia, Bunia, Ituri RD Congo

⁴Chimie organique, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bunia, Bunia, Ituri 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 objective of this study is to determine the experience of parents in supervising children with stuttering in Makiso commune.

The study population consists of parents of stuttering children in the city of Kisangani.

To carry out this study, we used a non-probability network-type sampling plan. The qualitative investigation method of the phenomenological type supported by the structured interview conducted this research.

At the end of the surveys, it was found that parents try to do everything to make their children feel comfortable by informing friends, teachers and classmates about their children's problems.

The expected results prove how often stuttering remains a problem for children who reach the age of recognition of their situation, which leads them to loss of self-esteem, mockery, etc.

KEYWORDS: parental experience, supervision of children, stuttering.

RESUME: L'objectif de cette étude est de déterminer l'expérience des parents sur l'encadrement des enfants avec le bégaiement dans la commune Makiso.

La population à l'étude est constituée des parents des enfants bégues de la ville de Kisangani.

Pour réaliser cette étude, nous avons recouru au plan d'échantillonnage non probabiliste du type réseau. La méthode d'enquête qualitative du type phénoménologique appuyée par l'interview structurée ont conduit cette recherche.

A l'issu des enquêtes, il a été constaté que les parents cherchent à tout faire pour que leurs enfants se sentent à l'aise en informant les amis, enseignants et camarades de classe à propos de problème de leurs enfants.

Les résultats ainsi escomptés, prouvent combien de fois le bégaiement reste un problème pour les enfants qui atteignent l'âge de reconnaissance de leur situation, qui les amènent à la perte d'estime de soi, moquerie etc.

MOTS-CLEFS: expérience des parents, encadrement d'enfants, bégaiement.

1 INTRODUCTION

Le bégaiement est un trouble d'élocution fréquent chez les personnes de tous âges, il altère la fluidité verbale normale et l'enchaînement du discours. Le bégaiement a été lié à des différences de l'anatomie, du fonctionnement et de la régulation dopaminergique du cerveau qui seraient de source génétique. Il importe de poser le diagnostic avec attention et de faire les recommandations qui conviennent chez les enfants, car de plus en plus, le consensus veut que l'intervention précoce par un traitement d'orthophonie soit cruciale chez les enfants bégues [1].

Dans les pays développés précisément aux États-Unis, on estime que 3 millions de personnes aux États-Unis et 55 millions de personnes dans le monde bégaiement. La fréquence est similaire dans toutes les classes sociales. Les formes acquises de bégaiement, secondaires à un traumatisme émotionnel ou cérébral, sont plus rares, quoique les estimations exactes soient inconnues [2].

Les enfants de sexe masculin sont 4 fois plus enclins que chez les enfants de sexe féminin à être atteints de bégaiement développemental, et celui-ci persistera plus probablement chez les enfants de sexe masculin que chez les enfants de sexe féminin. Parmi les autres facteurs de prédiction de la persistance, citons l'apparition à un âge avancé, la durée prolongée du bégaiement, des antécédents familiaux de persistance et de faibles aptitudes non verbales et langagières [3].

N'ayant pas des statistiques documentées pour la RDC, le problème crucial lié à ce phénomène des enfants bégues s'articule autour d'un diagnostic rapide chez les enfants, car l'intervention précoce donne les meilleurs résultats. Les médecins de famille ou pédiatres sont souvent les premiers contacts en soins de santé des enfants bégues. Dans tous les cas, une compréhension plus solide de l'affection fera que les médecins, de même que les orthophonistes, pourront dépister le bégaiement et prendre en charge les problèmes psychologiques connexes [4].

Généralement les parents des enfants bégues sont dérangés par la dysarthrie de ces derniers mais ils arrivent à développer des compétences dans la compréhension et tolérance.

2 METHODOLOGIE

La présente étude a été menée dans la commune Makiso situé dans la Province de Tshopo, Ville de Kisangani. Etant qualitative du type phénoménologique, cette recherche avait comme groupe cible les parents des enfants bégues. Grâce à l'interview semi structurée, les opinions ont été recueillies par le guide d'interview et le dictaphone.

L'échantillonnage par boule de neige a permis d'enquêter 11 parents d'enfants bégues. Après analyse des verbatim, les opinions différentes n'ont été observées que chez trois enquêtés.

3 RESULTATS

L'analyse des opinions recueillies ont révélé ce qui suit:

- De l'expérience des parents sur l'encadrement des enfants bégues, les répondants (R) se sont exprimés de la manière suivante:

(«...moi, je pars voir les enseignants pour leur expliquer les problèmes de mon enfant. Mais il arrive de moment pendant lequel les enfants jouent ensemble, et s'il y a quelque chose ou de jeu qui nécessitera de bagarre, et que si la situation m'avait retrouvé à la maison, je lui fait sortir parmi ces amis pour un moment et à ces amis je les appelle en disant que mon enfant est bégue; il ne pas bon de chercher de le menacer sinon je vous ferai du mal, parce que je ne veux pas voir mon enfant dans cet état...») R1.

(«...le constat que je fais chez mon enfant, j'ai remarqué que son bégaiement se manifeste lorsqu'il est en colère et/ou lorsqu'il a commis une erreur, dans ce cas-là il manifeste le bégaiement. Mais lorsqu'il est trop calme ou dans une bonne humeur, il parle normale ment sans une aucune difficulté... ») R2

(«... Nous parents, nous sommes parfois touchés et nous faisons tous nos efforts pour que nos enfants se sentent bien, dans le cas de mon enfant, je l'éloigne tout simplement des autres s'il est en colère...») R3.

- De l'attente des parents sur la survie des enfants, ci-dessous les réactions des répondants (R):

(«...Oui, moi je ne vois rien de grave car c'est un problème qui va passer, et que je le prends comme tout le monde... ») R1.

(«...je le considère bien, c'est l'enfant que j'ai mis au monde, alors comment expliquer que je veux le différencier parmi les autres et d'ailleurs tout ce qu'il demande je fais l'effort de lui apporter si j'en ai. Malgré le problème qui le dérange, je le considère comme tout autre enfant dans la maison parmi ses frères et sœurs... ») R2.

(«...C'est ne pas à dire que si un enfant bégaye qu'il ne va pas réussir mieux à l'école, mon enfant réussi très bien à l'école mais je sais qu'il a le problème de s'exprimer, cela ne lui empêche pas de répondre aux questions qui lui sont adressées, étant donné qu'il occupait toujours le 3 premières places mais la difficulté arrive lorsqu'il est dérangé par les autres enfants, ça ne lui permet pas de bien réfléchir, par exemple dans une période il avait occupé une très longue place...») R3.

- L'insatisfaction des parents face aux menaces subies par leurs enfants bègues se manifestent par les déclarations suivantes:

(«...pas satisfaite, car il devient un sujet de moquerie par ses camarades puisqu'il ne parvient pas à bien parler...») R1.

(«...Car mon enfant n'arrive pas à s'exprimer clairement son opinion parmi ses camarades même s'il a raison, comment pourrai-je être satisfaite par rapport à votre question-là, l'enfant a déjà la difficulté et que ces amis ne lui laisse pas le mot pour s'explique...») R2.

(«...il arrive de fois qu'ils disputent sur un objet même si celui qui bègue a raison ça sera difficile car il ne connaît pas s'exprimer clairement et cela me fait tellement mal car le non bègue peut lui arracher quelque chose parce qu'il ne s'exprime bien même si c'est du mensonge...») R3.

- De la relation des enfants bègues avec d'autres enfants non bègues les parents ont déclaré ce qui suit:

(«...Je trouve s'ils jouent sans dérangement avec ses amis là mon enfant s'exprime mieux...») R1.

(«...Il ne peut pas vivre seul mais il doit vivre dans la société et je trouve qu'il parle mieux avec ses amis mais en cas de problème il commence à bégayer lorsqu'il est dérangé...») R2.

(«... prenons par exemple lorsque les enfants jouent sans un problème là mon enfant n'a aucune difficulté pour s'exprimer mais le cas contraire ce du tort envers lui...») R3.

4 DISCUSSION

De l'expérience des parents sur l'encadrement des enfants bègues

Les résultats escomptés révèlent que, les parents considèrent leurs enfants qui bégayaient comme tout autre enfant et ne veulent pas qu'ils agissent sous l'effet de la colère qui peut aggraver la situation à gérer. Par conséquent ils veillent régulièrement sur leur encadrement en vue d'améliorer leur orthographe. Ces résultats corroborent avec la pensée de l'auteur [7] qui déclare, les parents qui respectent les consignes données par l'orthophoniste en se basant sur les activités utilisées et des jeux à pratiquer à la maison, contribuent efficacement au bien être d'élocution de leurs enfants bègues.

De la manifestation du bégaiement

Le **R2** déclare en ce terme que «...le constat que je fais chez mon enfant, j'ai remarqué que son bégaiement se manifeste lorsqu'il est en colère et/ou lorsqu'il a commis une erreur, dans ce cas, là il manifeste le bégaiement. Mais lorsqu'il est trop calme ou dans une bonne humeur, il parle normalement sans aucune difficulté...».

Le bégaiement se manifeste par des tensions (émotions, sentiments) qui constituent la caractéristique la plus apparente du trouble. Seulement, le bégaiement ne se limite pas à ces aspects visibles et audibles. En effet, il affecte, de manière plus discrète, les compétences socio-communicatives, l'état émotionnel et la qualité de vie des personnes concernées [5].

Mais aussi les symptômes visibles et des manifestations invisibles, fortement liées aux émotions la personne qui bégaye n'a tendance à mettre à distance son vécu émotionnel [6].

Ce résultat peut s'expliquer par le fait que le bégaiement est une maladie qui est déclenchée par le stress et certains effets émotionnels.

De la Considération de l'enfant

Le **R3** a déclaré ce qui suit («...Peu importe la situation de son enfant bègue, il doit être considéré comme tout autre enfant, je ferai tout pour qu'il soit à l'aise et qu'il ne soit pas menacé par ses frères et sœurs à la maison...»).

Il est crucial de poser un diagnostic rapide chez les enfants bégues, car l'intervention précoce donne les meilleurs résultats. Les médecins de famille ou pédiatres sont souvent les premiers contacts en soins de santé des enfants bégues. La connaissance des causes, du traitement et des indications justifiant une recommandation assure la prise en charge appropriée dans cette population. Dans tous les cas, une compréhension plus solide de l'affection fera que les médecins, de même que les orthophonistes, pourront dépister le bégaiement et prendre en charge les problèmes psychologiques connexes [4].

Les données laissent croire que les enfants bégues ne manifestent pas d'anxiété avant l'adolescence, bien que les conclusions soient limitées par l'hétérogénéité des études à ce sujet. La théorie veut que les enfants bégues présentent des facteurs de risque environnementaux négatifs dès le début de l'enfance, y compris des expériences négatives de socialisation, lesquelles se concrétisent durant l'adolescence, une période de changements sociaux et physiques importants [8].

Ce résultat peut se justifier par le fait les parents aiment et cherchent à épanouir leurs enfants bégues parmi les autres enfants normaux sans tenir bien sur compte des conseils de spécialiste du domaine.

Du Quotient intellectuel

Le résultat obtenu dans cette étude du **R1** nous dit en ce terme son point de vue sur le quotient intellectuel de leurs enfants bégues: («...Je sais qu'il a la difficulté de parler mais il travaille bien en classe, parce que malgré cette difficulté il n'a jamais donné de mauvais résultat à la maison, ce qui fait notre honneur nous parent de cet enfant qui bégaye...»).

Ce résultat rejoint celui de l'auteur [9] qui avait trouvé que l'écriture des enfants bégues diffère de celle des enfants fluents avec un nombre plus important d'erreurs de télescopages et de lignes non planes. Cependant, nous ne relevons pas un seul type de dysgraphie au sein des personnes bégues. En effet, nous retrouvons des scripteurs lents et des scripteurs rapides, formant plus ou moins bien leurs lettres. Le résultat de son étude avait montré que sur 18 enfants âgés de 7 à 11 ans: 9 enfants bégues et 9 enfants fluents présentant tous une dysgraphie.

Les résultats de cette étude prouvent que les parents considèrent leurs enfants qui bégaiement comme tout autre enfant et que le quotient intellectuel d'un enfant bègue ne diffère pas de celui qui ne bégaye pas et enfin ils ont l'espoir qu'il y aura le changement dans l'avenir de leurs enfants.

De Gêne face au bégaiement de l'enfant

Le **R1** affirme que («...d'ailleurs tout au début c'était un peu difficile à supporter parce que ce problème ne le lui laissait pas de s'exprimer normalement dans l'équipe de ces amis mais maintenant je vois normal car il commence à parler et discuter...»).

Le résultat obtenu par l'auteur. [10] explique que les troubles émotionnels de la personne qui bégaye influence les comportements de communication: ils sont un frein à l'acquisition des habiletés sociales.

Les parents considèrent le bégaiement comme un gêne face au bégaiement; ils expriment leur sentiment qu'ils éprouvent face à ce dernier. De tous ces verbatim nous avons compris que les parents ne le prennent pas comme un grand problème de toute façon l'enfant parle.

Du niveau de satisfaction face aux menaces de bégaiement

Le verbatim **de R2** sur le niveau de satisfaction des parents face aux menaces de bégaiement ce qui suit: («...pas satisfait, car il devient un sujet de moquerie par ses camarades puisqu'il ne parvient pas à bien parler...»).

L'hérédité est un facteur prédisposant important. Mais il faut aussi garder à l'esprit que le bégaiement peut être une façon pour l'enfant de se faire entendre. Peut-être a-t-il du mal à gérer un rythme trop intense (beaucoup d'activités extra-scolaires, beaucoup d'apprentissages), peut-être va-t-il le sentiment d'être un peu délaissé depuis l'arrivée de son petit frère... Il ne s'agit pas de culpabiliser en tant que parents, mais de mettre en place, si besoin, certains ajustements [11].

L'analyse des verbatim montre que les parents ne sont pas satisfaits du fait que ce problème ne permet pas à l'enfant de s'exprimer facilement et il devient un sujet de moquerie et même il n'arrive pas à leur raison.

De la Relation avec d'autres enfants non bégues

La **R2** nous montre («...qu'il ne peut pas vivre seul mais il doit vivre dans la société et je trouve qu'il parle mieux avec ses amis mais en cas de problème il commence à bégayer lorsqu'il est dérangé...»).

Tandis que l'étude de l'auteur. [12] montre que pour mieux appréhender le climat de relation entre les enfants bégues et non bégues, le traitement le plus efficace pour soigner cette relation repose toujours sur l'orthophonie administrée par un orthophoniste spécialisé. Ce traitement est substantiellement différent selon qu'il est administré à des enfants ou à des adultes.

Depuis 20 ou 30 ans, le traitement des enfants est passé d'une attitude passive à des interventions plus énergiques. Le consensus veut que l'intervention précoce soit fondamentale, quoique l'approche préférable fasse toujours l'objet d'un débat. Les stratégies thérapeutiques multifactorielles sont le paradigme dominant en Amérique du Nord, et mettent l'accent sur le traitement de l'enfant, la détermination de ses facteurs de stress, et la modification des facteurs de stress environnementaux dès l'âge préscolaire qui permettent une relation entre ces deux catégories de personnes.

Le verbatim **R3** dit ceci: («... mon constat que j'ai remarqué pour mon enfant; en cas du menace ou d'une moquerie sur lui par ses amis qui l'embrouillent. Il se retire tout simplement...»).

Dans ce travail, le résultat est expliqué par le fait que l'attitude affichée des enfants face aux menaces serait la conséquence des stratégies choisies par les parents pour les encadrés et c'est l'unique moyen pour eux de se défendre car les jeux de mot leurs font défauts.

5 CONCLUSION

Dans une approche qualitative utilisant la phénoménologie, le but de cette étude était de comprendre l'expérience des parents sur l'encadrement des enfants avec bégaiement.

Pour réaliser ce travail, nous avons opté pour la méthode d'enquête qualitative du type phénoménologique, notre population d'étude est constituée des parents des enfants bégues de la ville de Kisangani.

Enfin, ces résultats ont plus attiré notre attention à travers ces derniers, nous avons compris que l'expérience en matière de bégaiement des enfants chez les parents n'est pas seulement protéger l'enfant bégue mais plus tôt ils cherchent à tout faire pour que leurs enfants ne sentent pas mal à l'aise et ils considèrent l'enfant bégue comme tout autre enfants.

REFERENCES

- [1] Stidham, K., Olson, L., Hillbratt., M., et Sinopoli, T: A new antistuttering device: treatment of stuttering using bone conduction stimulation with delayed temporal feedback. *Laryngoscope*. 2006; 116 (11): 1951–5. [PubMed].
- [2] Pachman, A et al., 2011 From Discovery to Innovation in Stuttering Treatment, National Health and Medical Research council /Program Grants.
- [3] Patricia, O., la prise en charge orthophonique du bégaiement chez les enfants de 5 ans p. 307-326, *Constrate* 2014/1 N°39/CAIRN. Info.
- [4] Weir, E., et Bianchet, S: Developmental dysfluency: early intervention is key. *CMAJ*. 2004; 170 (12): 1790–1. [Article PMC gratuit], [PubMed].
- [5] Guitar, B et Conture, E: The child who stutters: to the pediatrician. Memphis, TN: Stuttering Foundation; 2013.
- [6] Thiabauti, C., les enjeux de l'oralité, les entretiens de Bichat, 2012, septembre. P136.
- [7] Pavero, V., Programme Lidcombe: adaptation et créativité des parents au travers des conversations d'entraînement. *Annuaire des Mémoires Bégaiement et Bredouillement*, Université de Nancy, 2015.
- [8] Davis, S; Shisca, D et Howell, P: Anxiety in speakers who persist and recover from stuttering. *J CommunDisord*. 2007; 40 (5): 398–417. Du 8 déc. 2006. [PubMed].
- [9] Gaubey, A et Gendry, C: Etude comparative des difficultés graphiques d'enfants bégues et fluents âgés de 7 à 11 ans. *Mém.*, Université Montpellier CADILHAC, 2015.
- [10] Esposito, A et al. 2010 on the perception of emotional voices, A cross cultural comparison among American, French and Italian subject, p368-377.
- [11] Anonyme, Votre enfant bégue ? Comment l'aider ? art. 2017 disponible sur <https://www.letelegramme.fr/sante/votre-enfant-begaie-comment-l-aider-17-02-2017-11404992.php#gWrijYSzdg0sfvAs.99>.
- [12] Blomgren, M: Behavioral treatments for children and adults who stutter: a review. *Psychol Res BehavManag*. 2013; 6: 9–19. [Article PMC gratuit], [PubMed].

Impacts environnemental et socio-économique de l'exploitation des Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) et ligneux au Centre-Sud Cameroun: Cas de *Baillonella toxisperma* pierre et *Ricinodendron heudoletii* (Baill.) Pierre ex Heckel

[Environmental and socio-economic impacts of the exploitation of Non-Timber Forest Products (NTFPs) and timber in the Central-South region of Cameroon: The case of *Baillonella toxisperma* Pierre and *Ricinodendron heudoletii* (Baill.) Pierre ex Heckel]

Njike Merlin¹ and Mbassi Josiane²

¹Université de Yaoundé 1, Faculté des Sciences, Laboratoire de systématique et d'écologie végétale, BP: 812 Yaoundé, Cameroon

²Institute of Agricultural Research for Development (IRAD), laboratoire des Technologies Agro-alimentaires, PO. Box: 2067, Yaoundé, Cameroon

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: Description of the subject: This article presents the influence of the exploitation of NWFPs in improving the living conditions of village populations and floristic diversity.

Objectives: The investigations made it possible to estimate the potential of available NWFPs; identify outlets and marketing channels; analyze the uses and sustainability of harvesting methods.

Method: A botanical inventory is carried out in UFA 00-001 and 00-002 of the company TRC near 17 Bantu villages and 6 pygmy hamlets which use and market NWFPs. Socio-economic data are obtained by the Accelerated Participatory Research Method (APRM).

Results: Sixty species of NWFP belonging to 49 genera and 28 families have been identified. Up to 84.50 and 15.49% of households complain about the decrease in the frequency of occurrence of *Baillonella toxisperma* Pierre and *Ricinodendron heudoletii* (Baill.) Pierre ex Heckel, respectively. 51.64% predict a disappearance of *Baillonella toxisperma* Pierre. Only 10% of the households have tried to plant this species and none have tried to plant *Ricinodendron heudoletii* (Baill.) Pierre ex Heckel. *Baillonella toxisperma* Pierre and *Ricinodendron heudoletii* (Baill.) (Baill.) Pierre ex Heckel are sold respectively at 1500 Fcfa per liter and 1200 Fcfa per kg. These two species generate respectively 4,859,400 Fcfa and 4,885,440 Fcfa in all the villages studied. The average income for a household is 9,255 Fcfa.

Conclusions: *Baillonella toxisperma* Pierre and (Baill.) Pierre ex Heckel contribute to the income of the households which market them. But their exploitation constitutes a threat to the sustainability of these two species.

KEYWORDS: species, food, traditional medicine, protection, disappearance, Cameroon.

RESUME: Description du sujet : Cet article présente l'influence de l'exploitation des PFNL dans l'amélioration des conditions de vie des populations villageoises et la diversité floristique.

Objectif. Les investigations ont permis d'estimer le potentiel de PFNL disponible; identifier les débouchés et les circuits de commercialisation; analyser les utilisations et la durabilité des modes de prélèvement.

Méthode : Un inventaire botanique est réalisé dans les UFA 00-001 et 00-002 de la société TRC proches de 17 villages bantous et 6 hameaux pygmées qui utilisent et commercialisent les PFNL. Les données socio-économiques sont obtenues par la Méthode Accélérée de Recherche Participative (MARP).

Résultats : Soixante espèces de PFNL appartenant à 49 genres et 28 familles ont été identifiées. Jusqu'à 84,50 et 15,49 % des ménages se plaignent de la baisse de la fréquence d'apparition respective de *Baillonella toxisperma* Pierre et *Ricinodendron heudoletii* (Baill.) Pierre ex Heckel. 51,64 % prédisent une disparition de *Baillonella toxisperma* Pierre. Seulement 10 % des ménages ont essayé de planter cette espèce et aucun n'a essayé de planter *Ricinodendron heudoletii* (Baill.) Pierre ex Heckel. *Baillonella toxisperma* Pierre et *Ricinodendron heudoletii* (Baill.) Pierre ex Heckel sont vendus respectivement à 1500 Fcfa le litre et 1200 Fcfa le kg. Ces deux espèces génèrent respectivement 4 859 400 Fcfa et 4 885 440 Fcfa dans l'ensemble des villages étudiés. La recette moyenne pour un ménage est de 9255 Fcfa.

Conclusions : *Baillonella toxisperma* Pierre et *Ricinodendron heudoletii* (Baill.) Pierre ex Heckel contribuent aux revenus des ménages qui les commercialisent. Mais leur exploitation constitue une menace pour la pérennité de ces deux espèces.

MOTS-CLEFS : espèces, alimentation, médecine traditionnelle, protection, disparition, Cameroun.

1 INTRODUCTION

Les forêts du bassin du Congo sont sources d'alimentation, d'abris et de revenus pour les 25 à 30 millions de personnes qui y vivent (Nzomo, 2005). Le massif forestier camerounais se classe 2^{ème} en Afrique derrière la République Démocratique du Congo (White et Edwards, 2000). Cette forêt compte près de 8000 espèces de plantes y compris les PFNL (plantes médicinales, plantes alimentaires et nutritives, plantes de service, etc.) dont près de 150 espèces sont endémiques, ce qui la classe au 5^{ème} rang en Afrique (FAO, 1997).

Les PFNL constituent au Cameroun une source monétaire non négligeable pour les ménages ruraux et urbains qui récoltent, chassent, pêchent, produisent en revendant tout au long de l'année de façon saisonnière. Le rôle des PFNL dans l'amélioration du niveau de vie des communautés avait été longtemps négligé mais avec la dégradation de la situation économique du pays, les populations riveraines ont pris conscience de l'importance de ces produits qui ont par ailleurs permis à certaines populations de survivre pendant des décennies, notamment les Pygmées (Karsenty et Joiris, 1999). En outre, Mbita (1999) rapporte que d'après l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), environ 80 % de la population mondiale y ont recours pour la médecine traditionnelle.

La loi forestière 94/01 du 20 janvier 1994 portant régime des forêts, de la faune et de la pêche, en son article 8 régie les droits d'usage permettant aux populations riveraines de récolter les PFNL pouvant être utiles à l'amélioration de leur cadre de vie. Toutefois, dans les tentatives de promotion de la gestion durable des forêts tropicales, la prise en compte des PFNL dans les plans d'aménagement reste encore faible (MINEF, 1994).

L'importance actuelle des PFNL pour les conservateurs, les forestiers, les acteurs du développement et les populations riveraines a suscité de nombreuses initiatives. Ces initiatives sont rarement liées à des études sur l'exploitation durable des PFNL (Wong et al., 2001). Il est donc urgent d'estimer le potentiel de PFNL disponible et économique; identifier les débouchés actuels et les circuits de commercialisation de ces PFNL; analyser les utilisations et la durabilité des modes de prélèvement actuels.

1.1 CADRE DE L'ÉTUDE

1.1.1 LOCALISATION

La zone d'étude est localisée dans les Régions du Centre et du Sud, à proximité des Unités Forestières d'Aménagement (UFA) 00-001 et 00-002 de la société TRC. Elle se trouve à cheval entre les Départements de l'Océan et du Nyong et Kellé. Elle s'étend sur six arrondissements dont Eséka, Makak, Messondo, Bipindi, Lolodorf, et Mvengue.

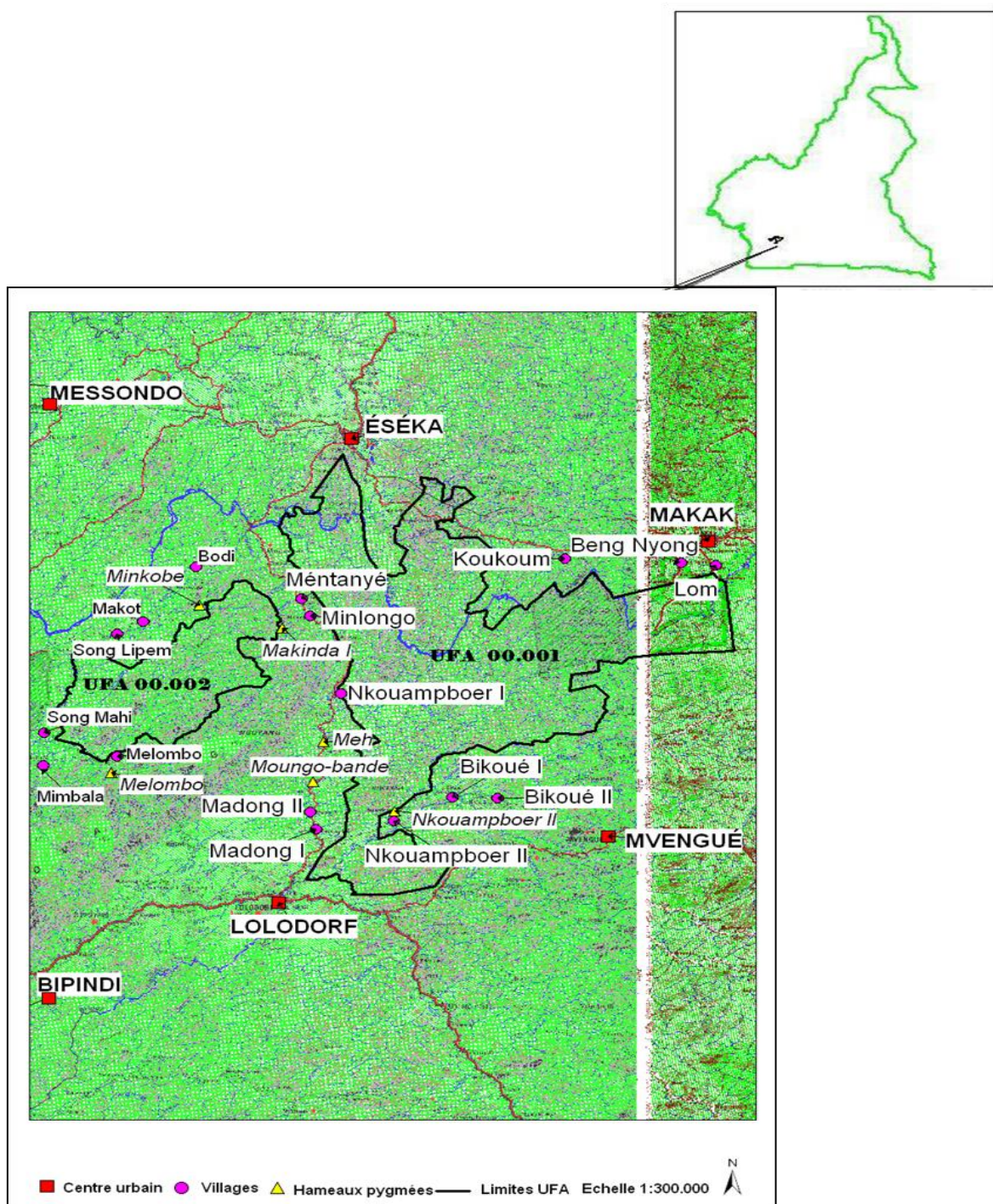


Fig. 1. Localisation des villages Bantous et Hameaux Pygmées dans la zone d'étude (TRC, 2007) — Location of Bantu villages and Pygmy Hamlets in the study area (TRC, 2007)

1.1.2 CLIMAT

La région est soumise au climat équatorial de type guinéen avec quatre saisons alternativement sèches et humides qui rythment l'année ainsi qu'il suit: une grande saison de pluies, qui couvre de mi-août à mi-novembre; une grande saison sèche, de mi-novembre à mi-mars; une petite saison de pluies, de mi-mars à mi-mai; enfin une petite saison sèche de mi-mai à mi-juillet.

Le climat guinéen comprend trois variétés dont le type maritime, ou climat kribien, qui règne sur tout le département du Nyong et Kellé. Les données de températures et de pluviométries obtenues de la station météorologique d'Eséka ont montré que les précipitations moyennes annuelles calculées sur une période de 10 ans (1997 à 2006), oscillent autour de 2267 mm. Les maxima des précipitations moyennes mensuelles se situent aux mois d'août et septembre (avec 317 mm et 358 mm de pluie respectivement) tandis que les minima sont observés entre décembre et février, période propice aux activités d'exploitation forestière. Cette période est écologiquement sèche (Figure 2).

S'agissant des températures, les relevés mensuels effectués sur la même période de 10 ans (1995 à 2006) montrent que les températures moyennes mensuelles sont relativement constantes tout au long de l'année. La température moyenne oscille autour de 27°C. L'écart entre les températures moyennes mensuelles minimales et moyennes mensuelles maximales est de 3°C. Dans son ensemble le climat de cette zone est favorable aux activités forestières.

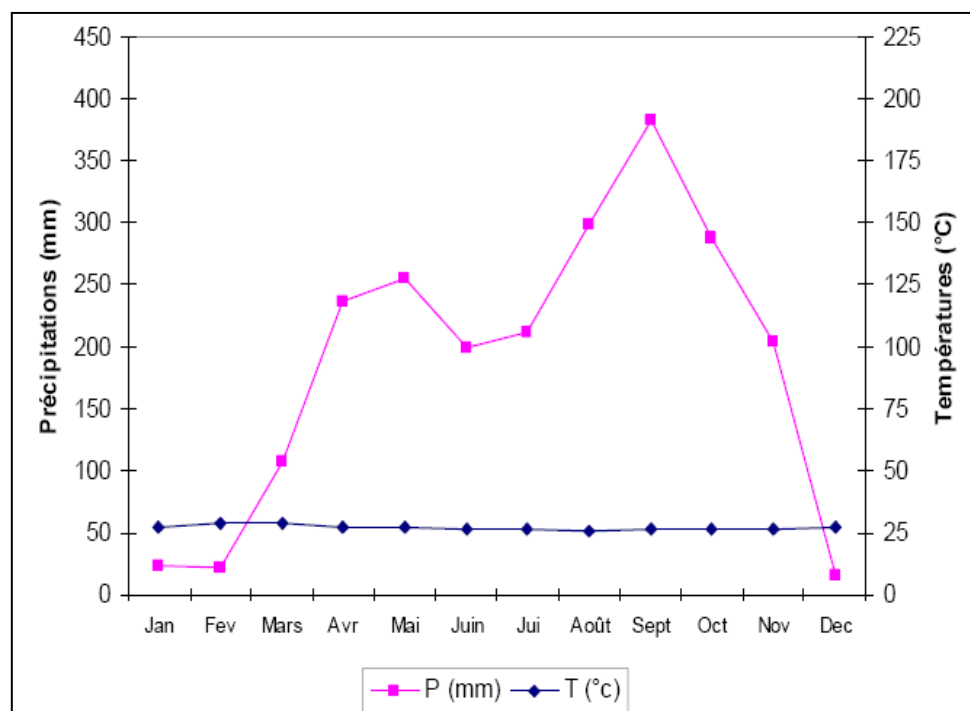


Fig. 2. Diagramme ombrothermique de la station d'Eséka — Ombrothermic diagram of the Eséka station

1.2 CARACTÉRISTIQUES DÉMOGRAPHIQUES

1.2.1 DESCRIPTION DE LA POPULATION

La population riveraine des UFA 00-001 et 00-002 est composée de deux grandes tribus parmi lesquelles on retrouve les Pygmées et les Bantous. Les pygmées sont les premiers occupants de la forêt qui entourent les UFA 00-001 et 00-002. D'après les traditions orales, les Bagyéli seraient originaires de la cuvette du Congo; ils auraient effectué une longue migration jusqu'à la région du Bassin de la Lokoundjé où ils seraient arrivés vers le milieu du 19^e siècle. La recherche de nouveaux territoires de chasse et de collecte, entre autres, auraient conduit une fraction Bagyéli à se répandre dans la région. Cependant, les Ngoumba, les Ewondo, les Bene et les Mvog-Fouda seraient venus du Congo (région de Kikangani), en passant par la Guinée équatoriale où certains de leurs frères sont restés.

1.2.2 ACTIVITÉS DE LA POPULATION

Les populations riveraines des UFA 00-001 et 00-002 sont très attachées à leur milieu et dépendent de la forêt où elles tirent des produits alimentaires, médicaux et même des revenus. Les activités tournent autour de la culture du cacao, du palmier à huile et de la production vivrière. On observe plusieurs gammes de produit: le manioc, l'arachide, le plantain, le macabo, le taro, le concombre, la canne à sucre, le maïs, etc. La culture du riz est particulièrement remarquable dans la région de Lolodorf. La pêche, l'élevage, la chasse et l'artisanat constituent également une activité importante pour les populations riveraines des UFA. La cueillette des produits forestiers non ligneux répertoriés dans la zone concerne les plantes médicinales,

les fruits, les ignames, les feuilles, le rotin, les lianes, le miel, les champignons et bien d'autres. La coupe des arbres et le sciage artisanal font l'objet de nombreuses plaintes formulées par le concessionnaire où des descentes sur le terrain ont confirmé l'effectivité de cette exploitation frauduleuse à divers endroits des UFA 00-001 et 00-002 (TRC, 2007).

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL

Le matériel biologique utilisé comprend, les tiges des plantes, les fruits, les graines et les écorces. Le matériel mécanique est composé d'un GPS pour la prise des coordonnées géographiques; un appareil photo numérique pour photographier les PFNL commercialisés dans la localité; deux boussoles pour l'orientation; deux galons circonférentiels pour les prises de DHP; un rouleau de ficelle de 25 mètres; des fiches de collecte des données d'inventaire; des fiches de collecte d'enquêtes; les machettes, limes, peintures, bottes, imperméables, casques, sacs et des crayons, gommages, bloc note.

2.2 MÉTHODES

2.2.1 CRITÈRES DE CHOIX DES ESPÈCES

Ricinodendron heudelotii, a été choisie pour sa grande utilité comme PFNL et *Baillonella toxisperma* pour sa double utilité comme PFNL de forte valeur économique et bois d'œuvre très apprécié en ébénisterie.

2.2.2 CRITERES DE CHOIX DES VILLAGES BANTOUS ET HAMEAUX PYGMEES

Le choix des 17 villages bantous et des 6 hameaux pygmées s'explique par le fait qu'ils sont à proximité ou à l'intérieur des UFA 00-001 et 00-002. Les populations locales de ces UFA dépendent de ces forêts dont ils prélèvent des ressources nécessaires à leur survie et de ce fait entretiennent des relations étroites avec la société forestière TRC. Ces villages comprennent trois tribus (Bassa, Ewondo et Ngoumba) et sont situés dans les six arrondissements de la zone d'étude.

2.2.3 COLLECTE DES DONNÉES

Les descentes dans les différents villages ont été fait en compagnie d'un guide local. La méthode utilisée pour la collecte de données a été la Méthode Accélérée de Recherche Participative (MARP). La collecte des données primaires s'est faite à travers les observations, les entretiens, les prises de photographie et les questionnaires pour les populations riveraines (méthode d'exploitation, de traitement, de consommation, d'utilisation,...).

Les entretiens se sont déroulés avec les personnes ressources choisies dans les villages Bantous et Pygmées. Ce choix a été fait sur la base du statut social (chef du village, personne âgée, personne ayant travaillé à la société TRC ou membre du Comité Paysans Forêts (CPF) et selon l'activité (récolteur, commerçant des PFNL). Ces entretiens visaient la collecte des informations complémentaires. Ils portaient essentiellement sur les noms locaux de tous les PFNL utilisés dans ces villages, les parties utiles de ces plantes (fruit, écorce, feuille, racine résine etc...) les différentes utilisations (aliments, condiments, médicaments, huiles, objets d'arts etc...), les techniques de récolte, de transformation et de conservation de ces PFNL.

Pour la commercialisation, un inventaire a été fait sur les ustensiles utiliser par les commerçants pour mesurer les quantités collectées, vendues ou consommées (verre, tas, assiettes, seaux, paniers, corbeilles, sacs de riz, sacs d'oignons).

Les marchés locaux des chefs-lieux d'arrondissement tels que Makak, Eséka, ainsi que des marchés urbains de Douala et de Yaoundé ont été visités. L'objectif de cette visite a consisté à interviewer les commerçants détaillants et grossistes sur l'origine et du prix des PFNL, les modes de conservation, les périodes de variation des prix, les marges bénéficiaires.

2.2.4 ECHANTILLONNAGE

Les ménages ont été choisis comme unité de base d'échantillonnage pour le questionnaire. Le ménage renvoie aux entités sociales suivantes: la famille restreinte ou étendue (époux, épouse (s), enfants); et le veuf ou la veuve en plus des personnes qui dépendent d'eux (Dkamela, 2001). L'unité d'enquête est l'unité familiale (UF). Un nombre d'UF compris entre 8 et 25 a été interviewé dans chaque village soit un taux d'échantillonnage moyen de 31,38 % pour l'ensemble des ménages des villages bantous et hameaux pygmées riverains des UFA 00-001 et 00-002.

2.2.5 INVENTAIRES

Les résultats d'inventaire d'exploitation (qui se fait à un taux de sondage de 100%) ont été utilisés comme potentiel disponible de *Baillonella toxisperma* et *Ricinodendron heudelotii* dans quatre assiettes de coupe avant l'exploitation. Cet inventaire a pris en compte les individus à partir des diamètres minimums d'exploitabilité (DME) qui sont de 70 cm et 100 cm pour *Ricinodendron heudelotii* et *Baillonella toxisperma* respectivement. Les individus sous diamètres n'ont pas été comptabilisés.

2.2.6 ANALYSE DES DONNÉES

Les données d'inventaire d'exploitation, les divers usages, les sources de revenus, les fluctuations des prix ont été analysées à l'aide du logiciel Microsoft Excel. Les données issues des enquêtes ont été regroupées à l'aide du logiciel Excel. Puis les différents pourcentages ont été calculés. L'interprétation de ces pourcentages a permis d'apprécier l'utilisation des PFNL dans la zone d'étude.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 ESPECES IDENTIFIEES DANS LA ZONE D'ETUDE

La zone d'étude présente une diversité d'espèces et de familles identifiées (Tableau 1). Les populations riveraines ont une connaissance approfondie des produits forestiers non ligneux qui leur environnement et de leurs usages. Ce savoir-faire constitue un préalable indispensable à la gestion durable de ces ressources.

Tableau 1. *Espèces identifiées dans la zone d'étude — Species identified in the study area*

Famille	Nom scientifique	Nom local (Ewondo)	Nom commercial
Anacardiaceae	<i>Antrocaryon klaineanum</i> Pierre	Angongui	Onzabili
Annonaceae	<i>Annickia chlorantha</i> (Oliv.) Setten & Maas	Mfo	Moambe jaune
	<i>Cleistopholis glauca</i> Pierre ex Engler & Diels	Avom	Avom
	<i>Hexalobus crispiflorus</i> A.Rich.	Owe	Owe
	<i>Monodora myristica</i> (Gaertn.) Dunal	Nding	Nding
	<i>Pachypodanthium staudtii</i> (Engl. & Diels) Engl. & Diels	Ntom	Ntom
Apocynaceae	<i>Alstonia boonei</i> De Wild.	Ekouk	Emien
	<i>Rauvolfia vomitoria</i> Afzel.	Mejangamenjanga	Mejangamenjanga
	<i>Strophantus gratus</i> (Wall. & Hook.) Baill.	Enee	Enee
Araceae	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.		
	<i>Laccosperma secundiflorum</i> (P.Beauv.) Kuntze	Rotin / Eka	Rotin / Eka
	<i>Raphia hookeri</i> G.Mann & H.Wendl	Raphia	Raphia
Balanitaceae	<i>Balanites wilsoniana</i> Dawe & Sprague	Ndongo makuba	Ndongo makuba
Burseraceae	<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl.	Aiele	Abel
	<i>Dacryodes edulis</i> (G. Don) Lam.		
	<i>Dacryodes macrophylla</i> (Oliv.) Lam.	Atom	Atom
Caesalpiniaceae	<i>Afzelia bipindensis</i> Harms	Mbanga	Mbanga
	<i>Afzelia pachyloba</i> Harms	Mbanga afum	Mbanga afum
	<i>Cassia mannii</i> Oliv.	Nsas	Nsas
	<i>Distemonanthus benthamianus</i> Baill.	Eyen	Movinguier
	<i>Erythrophleum ivorense</i> A.Chev.	Elon	Tali
	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i> (De Wild.) J.Léonard	Ekoben (feuille rouge)	Limbali

	<i>Guibourtia tessmannii</i> (Harms) J.Léonard	Essingang	Bubinga rose
	<i>Julbernardia seretii</i> (De Wild.)	Alumbi	Ekop blanc
	<i>Scorodophloeus zenkeri</i> Harms	Olom	Divida
Cannabinaceae	<i>Cannabis sativa</i> L.	Bongo	Chanvre indien
Clusiaceae	<i>Garcinia kola</i> Heckel	Onie	Onie
	<i>Garcinia lucida</i> Vesque	Essok	Essok
Dilleniaceae	<i>Tetracera alnifolia</i> Willd.	Tetracera	Tetracera
Ebenaceae	<i>Diospyros</i> spp. L.	Ebene sp	Ebene sp,
Euphorbiaceae	<i>Drypetes gossweileri</i> S.Moore	Olelang	Olelang
	<i>Ricinodendron heudoletii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel	Djansang	Essessang
	<i>Tetracarpidium conophlorum</i> (Müll.Arg.) Hutch. & Dalz	Kass / Kasso	Kass / Kasso
Gnétaceae	<i>Gnetum africanum</i> Welw.	Okok	Okok
Irvingiaceae	<i>Irvingia gabonensis</i> (Aubry-Lecomte ex O'Rorke) Baill.	Andok	Mangue sauvage
Lamiaceae	<i>Ocimum gratissimum</i> L.	Meseb	Ocimum gratissimum
Lyophyllaceae	<i>Termitomyces</i> spp. R. Heim	Nlom	Champignon
Marantaceae	<i>Marantochloa</i> spp. Brongn. & Gris		
Meliaceae	<i>Lovoa trichiloides</i> Harms	Dibetou	Bibolo
	<i>Entandrophragma utile</i> (Dawe & Sprague) Sprague	Asseng Assie	“sipo” ou “utile”
	<i>Entandrophragma candollei</i> Harms	Atom Assie	“kosipo”, “omu” ou “candollei”
Mimosaceae	<i>Cylicodiscus gabunensis</i> Harms	Loum	
	<i>Pentaclethra eetveldeana</i> De Wild. & T.Durand	Ebai	Ebai
	<i>Piptadeniastrum africanum</i> (Hook.f.) Brenan	Atui	Dabema
	<i>Teutrapleura tetraptera</i> (Schum. & Thonn.) Taub.	Akpa	Akpa
Moraceae	<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) C.C.Berg	Abang	Iroko
Myristicaceae	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb.	Eteng	Ilomba
Olacaceae	<i>Coula edulis</i> Baill.	Ewome	
Pipéraceae	<i>Piper guineense</i> Schum. et Thonn.	Poivrier	Poivrier
Rhizophoraceae	<i>Poga oleosa</i> Pierre	Angale	Ovoga
Rubiaceae	<i>Mitragyna ciliata</i> Aubrév. & Pellegr. <i>Nauclea diderrichii</i> (De Wild. & T.Durand) Merr.	Elom à poils Akondok	Bahia Bilinga
	<i>Dioscorea</i> spp. L.	Bang	
	<i>Massularia acuminata</i> (G. Don) Bullock ex Hoyle	Oyebe	Oyebe
Sapotaceae	<i>Baillonella toxisperma</i> Pierre	Adjap	Moabi
	<i>Tieghemella africana</i> Pierre	Douka	makoré ou acajou cerise
Sterculiaceae	<i>Cola acuminata</i> (P. Beauv.) Schott et Endl.	Cola sp.	Petite cola
	<i>Cola lepidota</i> K. Schum.	Evoué	Cola du singe
	<i>Cola ficifolia</i> Mast.	Ekom	Cola
Zingiberaceae	<i>Aframomum</i> spp. K. Schum.	Ndong	maniguette

Une liste de cinquante trois PFNL appartenant à vingt-huit familles a ainsi pu être identifiées à partir des organes récoltés par les riverains (fruits, écorces, feuilles, racines, sève, exsudats). Parmi les espèces identifiées, certains ont une importance alimentaire comme *Ricinodendron heudoletii*, *Baillonella toxisperma*, *Irvingia gabonensis*, *Dacryodes edulis*, *Scorodophloeus*

zenkeri, *Cola sp.*, et. D'autres révèlent une importance pour la chasse, la construction et l'artisanat (*Raphia hookeri*, *Laccosperma secundiflorum*). La plupart des écorces, racines sèves et exsudats sont utilisées dans la pharmacopée traditionnelle (*Alstonia boonei*, *Garcinia lucida*, *Massularia acuminata*, *Rauvolfia vomitiria*), et enfin les espèces concurrentielles qui jouent le double rôle de bois d'œuvre et de PFNL (*Baillonella toxisperma*, *Guibourtia tessmanii*).

Tableau 2. PFNL à usage alimentaire — NWFPs for food use

Nom scientifique	Nom local	Organe récolté
<i>Coula edulis</i> Baill.	Ewome	fruit
<i>Piper guineense</i> Schum. et Thonn.	Poivrier	fruit
<i>Poga oleosa</i> Pierre	Angale	fruit
<i>Dacryodes edulis</i> (G. Don) Lam.		fruit
<i>Dacryodes macrophylla</i> (Oliv.) Lam.	Atom	fruit
<i>Gnetum africanum</i> Welw.	Okok	feuille
<i>Irvingia gabonensis</i> (Aubry-Lecomte ex O'Rorke) Baill.	Andok	fruit
<i>Raphia hookeri</i> G.Mann & H.Wendl	Raphia	jus
<i>Teutrapleura tetraptera</i> (Schum. & Thonn.) Taub.	Akpa	fruit
<i>Ricinodendron heudoletii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel	Djansang	fruit
<i>Dioscorea</i> spp. L.		tubercule
<i>Antrocaryon klaineianum</i> Pierre	Angongui	fruit
<i>Annickia chlorantha</i> (Oliv.) Setten & Maas	Mfo	fruit
<i>Cleistopholis glauca</i> Pierre ex Engler & Diels	Avom	fruit
<i>Hexalobus crispiflorus</i> A.Rich.	Owe	fruit
<i>Monodora myristica</i> (Gaertn.) Dunal	Nding	fruit
<i>Pachypodanthium staudtii</i> (Engl. & Diels) Engl. & Diels	Ntom	fruit
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.		fruit
<i>Scorodophloeus zenkeri</i> Harms	Olom	écorce / fruit
<i>Garcinia kola</i> Heckel	Onie	fruit
<i>Cannabis sativa</i> L.	Banga	Fruit/ graine
<i>Cassia mannii</i> Oliv.	Nsas	fruit
<i>Baillonella toxisperma</i> Pierre	Djap	fruit
<i>Tetracarpidium conophlorum</i> (Müll.Arg.) Hutch. & Dalz	Kas / Kasso	fruit
<i>Aframomum</i> spp. K. Schum.		fruit
<i>Ocimum gratissimum</i> L.	Meseb	fruit
<i>Cola acuminata</i> (P. Beauv.) Schott et Endl.		fruit
<i>Cola lepidota</i> K. Schum.	Evoué	fruit
<i>Cola ficifolia</i> Mast.	Ekom	fruit
<i>Termitomyces</i> spp. R. Heim	Nlom	Partie entière

Tableau 3. PFNL à usage médicinal — NWFPs for medicinal use

Nom scientifique	Nom local	Organe récolté	Traitement
<i>Alstonia boonei</i> De Wild.	Ekouk	écorce / racine	paludisme/ mal de ventre
<i>Rauvolfia vomitoria</i> Afzel.	Mejangamenjan ga	fruit / écorce	paludisme
<i>Massularia acuminata</i> (G. Don) Bullock ex Hoyle	Ohébé	fruit	mal gastrique
<i>Balanites wilsoniana</i> Dawe & Sprague	Ndongo makuba	écorce	/
<i>Guibourtia tessmannii</i> (Harms) J.Léonard	Essingang	écorce	paludisme
<i>Garcinia kola</i> Heckel	Onie	écorce	/
<i>Garcinia lucida</i> Vesque	Essok	écorce / fruit	mal de ventre
<i>Drypetes gossweileri</i> S.Moore	Olelang	écorce	palpitations
<i>Pentaclethra eetveldeana</i> De Wild. & T.Durand	Ebai Bekoe	fruit	paludisme
<i>Baillonella toxisperma</i> Pierre	Djap	écorce / sève	/
<i>Ricinodendron heudoletii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel	Djansang	écorce	MST (chlamydia), gonflement des pieds, rate
<i>Antrocaryon klaineum</i> Pierre	Angongui	écorce	mal gastrique
<i>Nauclea diderrichii</i> (De Wild. & T.Durand) Merr.	Akondok	écorce	apparition des glandes mammaires,
<i>Lovoa trichiloides</i> Harms	Dibetou	écorce	rate
<i>Cylicodiscus gabunensis</i> Harms	Okan	écorce	ver de ventre
<i>Croton oligrandus</i>	Lango'o	écorce	Paludisme, mal gastrique, rate
<i>Pachypodanthium staudtii</i> (Engl. & Diels) Engl. & Diels	Ntom	écorce	/
<i>Piptadeniastrum africanum</i> (Hook.f.) Brenan	Atui	écorce	/

Tableau 4. PFNL à autres usages — NWFPs for other uses

Nom scientifique	Nom local	Organe récolté	Usage
<i>Ocimum gratissimum</i> L.	Meseb	sève	allumage du feu
<i>Laccosperma secundiflorum</i> (P.Beauv.) Kuntze	Rotin / Eka	rotin	artisanat (corbeille, panier, gibetière, lit,,,)
<i>Raphia</i> spp. P.Beauv.	Raphia	feuille, tige	pêche, chaise, lit, construction,,,
<i>Marantochloa</i> spp. Brongn. & Gris		feuille	emballage
<i>Balanites wilsoniana</i> Dawe & Sprague	Ndongo makuba	plante entière	mystique
<i>Pentaclethra eetveldeana</i> De Wild. & T.Durand	Ebai	fruit	chasse serpent
<i>Guibourtia tessmannii</i> (Harms) J.Léonard	Essingang	écorce	contre les sorciers
<i>Garcinia lucida</i> Vesque	Essok	écorce	fermentation du vin de palme
<i>Strophantus gratus</i> (Wall. & Hook.) Baill.	Enee	fruit	poison de pêche
<i>Tieghemella africana</i> Pierre	Makore	écorce	Mystique
<i>Tetracera alnifolia</i> Willd.	Liane à eau	tige	/

Tableau 5. Bois d'œuvre ayant une valeur comme PFNL — Lumber of value as NWFP

Nom scientifique	Nom local	Nom commercial
<i>Entandrophragma utile</i> (Dawe & Sprague) Sprague	Asseng Assie	Sipo
<i>Entandrophragma candollei</i> Harms	Atom Assie	Kosipo
<i>Lovoa trichiloides</i> Harms	Dibetou	Bibolo
<i>Diospyros</i> spp. L.	Ebene sp,	Ebene sp,
<i>Erythrophleum ivorense</i> A.Chev.	Elon	Tali
<i>Guibourtia tessmannii</i> (Harms) J.Léonard	Essingang	Bubinga
<i>Nauclea diderrichii</i> (De Wild. & T.Durand) Merr.	Akondok	Bilinga
<i>Distemonanthus benthamianus</i> Baill.	Eyen	Movingui
<i>Afzelia bipindensis</i> Harms	Mbanga	Doussié rouge
<i>Afzelia pachyloba</i> Harms	Mbanga afum	Doussié blanc
<i>Julbernardia seretii</i> (De Wild.)	Alumbi	Ekop blanc
<i>Poga oleosa</i> Pierre	Ovoga	Angale
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i> (De Wild.) J.Léonard	Limbali	Ekoben à feuille rouge
<i>Tieghemella africana</i> Pierre	Adjap osoe	Makore
<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb.	Eteng	Ilomba
<i>Piptadeniastrum africanum</i> (Hook.f.) Brenan	Atui	Dabema

3.2 GENRE ET EXPLOITATION DES PFNL ÉTUDIÉS

Parmi les PFNL identifiés, *Baillonella toxisperma* et *Ricinodendron heudoletii* sont les espèces qui révèlent une attention particulière où les genres (hommes et femmes) Bantous et Pygmées sont impliqués dans l'exploitation des fruits, des écorces ou même du bois d'œuvre (Tableau 6).

Tableau 6. Genres impliqués dans l'exploitation — Gender involved in exploitation

Espèces	Bantous (% d'exploitation)		Pygmées (% d'exploitation)	
	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes
<i>Baillonella toxisperma</i> Pierre	15	85	40	60
<i>Ricinodendron heudoletii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel	5	95	10	90

Il ressort de ce tableau que les hommes Bantous (15 %) sont moins impliqués dans l'exploitation des fruits de *Baillonella toxisperma* que les femmes (85 %), alors que chez les Pygmées 40 % des hommes contre 60 % des femmes exploitent cette espèce.

Il en est de même pour les fruits de *Ricinodendron heudoletii* où 95 % des femmes par rapport à 5 % des hommes sont plus impliqués chez les Bantous et 90 % des femmes contre 10 % chez les Pygmées. Les hommes impliqués dans l'exploitation de ces ressources ont avoué que c'est à cause de la baisse du prix des cultures de rente (cacao, café) qu'ils se sont intéressés aux PFNL. Ceci corrobore avec les travaux de Demenou (1996) qui estiment que l'exploitation de plusieurs PFNL est une alternative pour générer les revenus et remplacer les produits de rente tels que le cacao et le café dont les prix ont connu une chute drastique.

3.3 USAGE DE BAILLONELLA TOXISPERMA

Le degré d'utilisation (Fig. 3) de cette espèce varie d'une tribu à une autre.

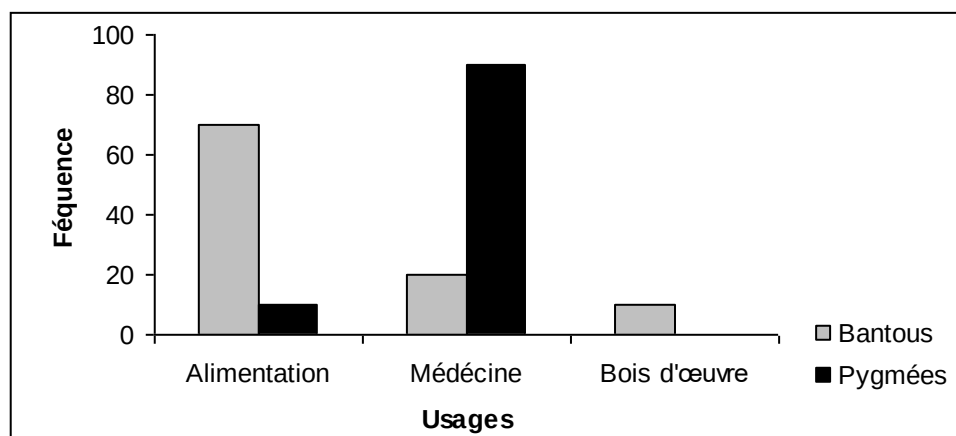


Fig. 3. Type et degré d'utilisation de *Baillonella toxisperma* — Type and degree of use of *Baillonella toxisperma*

Cette espèce est utilisée comme bois d'œuvre (10 %), comme source d'aliment (70 %), et comme source de médicament (20 %) chez les Bantous. Les résultats confirment ceux de Vivien et Faure (1996) qui rapporte l'utilisation de *Baillonella* comme source d'aliment et de médicaments. Ces résultats confirment également ceux de Dkamela (2001) et de Ndoye et al., (1998) qui ont montré la place importante que les PFNL occupent dans la vie des populations en terme de nutrition et de médicament. L'endocarpe des fruits de même que l'huile extraite des amandes de cette espèce est consommé par les populations.

L'utilisation des amandes de *Baillonella toxisperma* (Fig. 4a) est conforme à celle évoquée par Vivien et Faure (1996). En effet ces auteurs rapportent que la pulpe de fruit est comestible, une huile très appréciée (Fig. 4b) est extraite de la graine oléagineuse et le tourteau est toxique (Fig. 4c). Ces tourteaux sont utilisés par les riverains pour la pêche sauvage. En effet, ces derniers les déversent dans l'eau en soirée et viennent ramasser les poissons morts le lendemain détruisant ainsi l'écosystème aquatique. Cette pratique est plus accentuée dans le village Mimbala et Melombo. D'autres riverains les utilisent pour l'allumage du feu.

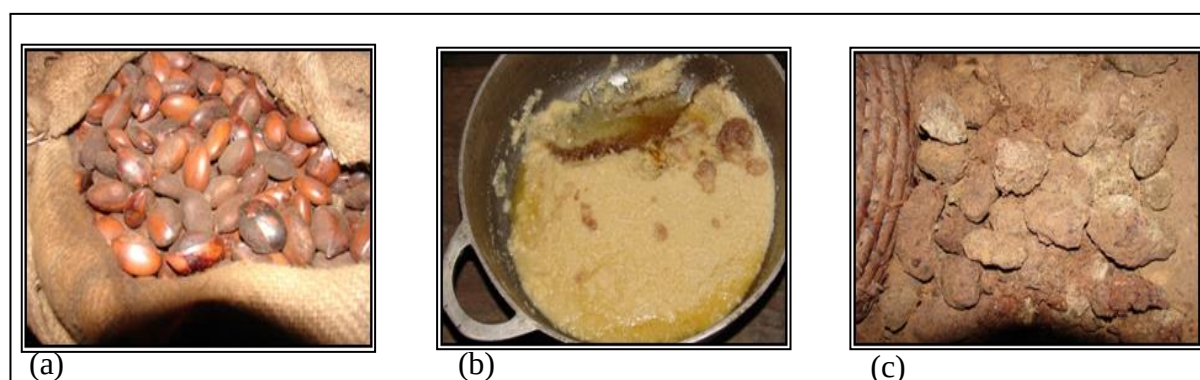


Fig. 4. (a) Graines de *Baillonella toxisperma*; (b) huile de *Baillonella toxisperma*; (c) tourteau de *Baillonella toxisperma* — (a) Seeds of *Baillonella toxisperma*; (b) oil of *Baillonella toxisperma*; (c) cake of *Baillonella toxisperma*

L'huile de Moabi est consommée par 10 % des ménages chez les pygmées. Ceci est du fait que ces derniers transforment rarement ce produit. Ils ramassent les fruits, les remettent aux riverains qui à leur tour transforment et leur donnent en contre partie une quantité de cette huile. Toute fois l'écorce est utilisée à 90 % pour usage médicinal.

3.4 USAGE DE RICINODENDRON HEUDOLETII

Les usages de cette espèces diffèrent selon qu'on soit dans un ménage Bantous ou dans un ménage pygmées (Figure 5).

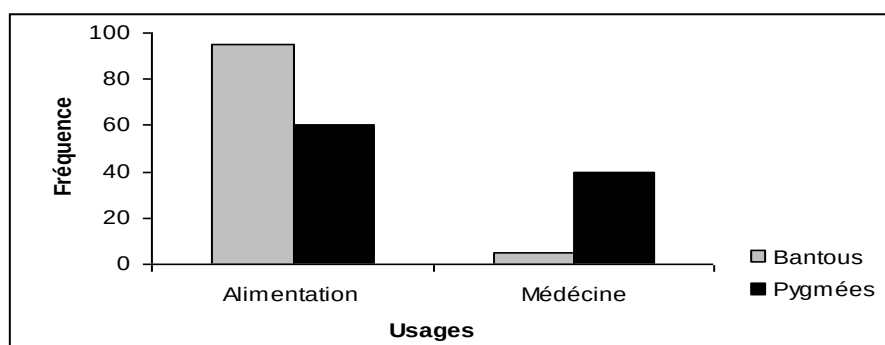


Fig. 5. Type et degré d'utilisation de *Ricinodendron Heudoletii* — Type and degree of use of *Ricinodendron Heudoletii*

C'est une espèce utilisée par 95 % des ménages bantous comme épice et 5 % comme pharmacopée traditionnelle à partir de ces écorces. Les écorces sont également utilisées dans la pharmacopée par 60 % et les graines comme aliment par 40 % des ménages dans les hameaux pygmées. Elle se conserve sous forme de graines séchées au soleil (Figure 6) car le noircissement par la fumée est rédhibitoire.



Fig. 6. Graines séchées de *Ricinodendron heudoletii* — Dried seeds of *Ricinodendron heudoletii*

Ces amandes peuvent être conservées pendant environ six mois dans des sacs à l'abri d'humidité. Cette technique s'avère pénible pour 90 % des ménages.

3.5 POTENTIEL PRODUCTIBLE

Debroux (1998) définit le diamètre minimum de fructification (DMF) comme le diamètre à partir duquel les arbres fructifient généralement en forêt de façon abondante. Au dessous de ce diamètre, les tiges peuvent fructifiées mais restent peu significatives. En fonction de l'espèce, le DMF varie et dans cette logique, les tiges respectant les contraintes $10 \text{ cm} < \text{Dr} < \text{DMF}$ sont considérées comme «productrice d'avenir».

L'auteur trouve dans les conditions naturelles de la forêt du Dja (Est- Cameroun) que le Moabi fructifie systématiquement à partir de 70 cm de diamètre car c'est à ce diamètre qu'il accède à la lumière. Doucet et Koufani (1997) observe dans la forêt communautaire de Kompia que le DMF du Djansang est de 45 cm. Les données d'inventaire avant l'exploitation forestière prennent en compte ces différents paramètres. Le Moabi et l'Essessang sont exploités respectivement à partir d'un DME de 100 cm et 70 cm.

3.6 ESTIMATION DE LA PRODUCTION DU POTENTIEL DISPONIBLE

Il s'agit de ce qui peut être produit pendant les années de fructification. En ce qui concerne les productions, Debroux (1998) évalue qu'un Moabi adulte (70 cm de Dr) produit en moyenne 327 kg de noix. Le rendement par la technique de la presse annuelle est de 32 % pour les femmes de la région du Dja (Schneemann, 1995). Ceci conduit à une production de $327 \text{ kg} \times 0,32 \text{ litre/kg} = 104,6 \text{ litres}$ d'huile en moyenne pour un arbre atteint le DMF. Pour le Djansang, Fankap (2002) a fait des estimations de la production dans la forêt communautaire de kabilone¹ (Est-Cameroun), il trouve un rendement moyen de 15 kg d'amandes séchées pour les tiges ayant atteint le DMF. Compte tenu de ces valeurs, la production dans l'UFA 00-002 se présente ainsi qu'il ressort du Tableau 7.

Tableau 7. Production potentielle de l'huile de *Baillonella toxisperma* et les amandes de *Ricinodendron heudoletii* dans l'UFA00-002 — Potential production of oil from *Baillonella toxisperma* and kernels from *Ricinodendron heudoletii* in UFA00-002

Espèces	DME (cm)	Rythme de production	Nombre de tige disponible	Production / tige	Production totale
<i>B. toxisperma</i>	100	annuel	228	104,6 litres	26254,6 litres
<i>R. heudoletii</i>	70	annuel	153	15 kg	2295 kg

Il ressort du tableau que 26254,6 litres d'huile de Moabi et 2295 kg des graines de d'Essessang pourraient être produit par an dans le cas d'une valorisation de ces ressources.

3.7 TECHNIQUE ENDOGENE DE GESTION ET PRESSION SUR LES PFNL.

Au cours de l'enquête, 95 % de personnes affirment que lors de la création des champs, les PFNL sont protégés, mais il arrive fréquemment que certains pieds comme ceux du Djansang soient abattus. La protection du Moabi est compromise par les feux de brousse de préparation de terres agricoles. A cet effet, le feu de brousse est la troisième source de menace pour cette espèce après le sciage sauvage et l'exploitation forestière. En conséquence, la domestication de cette espèce est nécessaire, elle a été déjà pratiquée dans le village Bikoué I où les populations ont planté les graines sur plus d'un hectare, mais abandonné et non entretenu par la suite. Les perceptions des populations riveraines (Tableau 8) sont différentes vis-à-vis des changements observés dans la disponibilité et la durabilité des PFNL.

Tableau 8. Perceptions locales des changements dans la disponibilité et durabilité des PFNL dans la zone d'étude — Local perceptions of changes in the availability and sustainability of NWFPs in the study area

Perceptions	Espèces	Ménage : répondant	n =213	Fréquence (%)
Baisse de la production	Moabi	180		84,50
	Djansang	105		49,20
Disparition éventuelle	Moabi	110		51,64
	Djansang	25		11,73

Ce tableau montre que 84,50 % des ménages se plaignent respectivement de la baisse du Moabi. Cette baisse est due à l'exploitation forestière, à l'agriculture itinérante sur brûlis, au sciage sauvage et à la récolte systématique des fruits, à une modification du microclimat, et aussi à la consommation des graines par les prédateurs tels que le porc-épic et les antilopes. Il ressort également que 15,49 % des ménages pensent à une baisse de la production d'Essessang suite à une faible sollicitation comme bois d'œuvre, à sa capacité de régénération naturelle et sa non exploitation par les compagnies forestières. Il ressort enfin du tableau que 51,64 % pensent à une disparition du Moabi. Seulement très peu des ménages (10 %) ont essayé de planter cette espèce et aucun n'a essayé de planter l'Essessang. L'Essessang abonde dans l'UFA car 11,73 % des ménages pensent à leur disparition éventuelle. Ceci corrobore aux résultats de Nzomo (2005) qui estime que l'Essessang abonde dans la zone de Lomié et par ricochet dans le département du Haut-Nyong.

Le degré de pression sur les PFNL exploités se résume au mode de récolte. Le ramassage des fruits est effectué par 100 % des ménages enquêtés. Cette technique de récolte peut avoir des effets sur la régénération naturelle à cause de la récolte des fruits et la disparition des semenciers ou sauvages. Le sciage sauvage et l'exploitation forestière qui existent dans la zone ont des effets néfastes sur la régénération de ces espèces en général et en particulier le Moabi. Ces derniers cas entravent la dissémination et la pollinisation des semenciers.

3.8 IMPACT DE L'EXPLOITATION FORESTIERE SUR LA DISPONIBILITE DES PFNL

3.8.1 PERCEPTION DE LA POPULATION LOCALE

Les impacts de l'exploitation forestière sur la disponibilité des PFNL sont différemment perçus par les populations locales. Concernant les impacts positifs, 38 % des riverains pensent que l'ouverture des routes par les compagnies forestières a favorisé l'accès à la récolte des fruits de plusieurs PFNL à l'exemple de *Irvingia gabonensis*, *Cola acuminata*, *Garcinia lucida* etc. ou les écorces comme *Scorodophloeus zenkeris*.

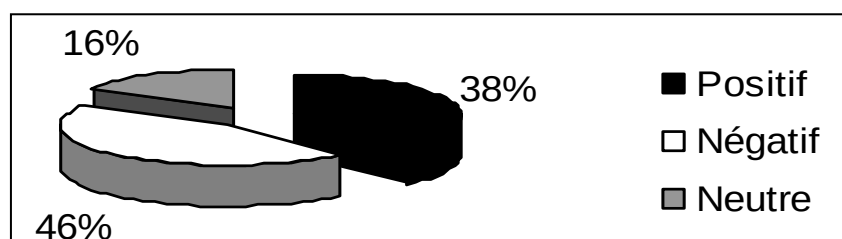


Fig. 7. Perceptions des riverains face à l'impact de l'exploitation forestière sur la disponibilité des PFNL — Perceptions of local residents regarding the impact of logging on the availability of NWFPs

Le passage des véhicules des compagnies forestières a conduit selon les populations locales à une augmentation du nombre de PFNL notamment le *R. heudoletii* qui pousse bien sur les terres en jachère et les forêts secondaires du fait que c'est une espèce pionnière (qui n'aime pas l'ombre). Cet accroissement peut être associé au changement du microclimat causé par l'ouverture de la canopée permettant à plus de lumière d'atteindre les plantes. Toute fois, 46 % pensent que l'exploitation du bois altère et interrompt les cycles biologiques de certaines espèces ainsi qu'elle détruit leurs habitats. Surtout le cas du Moabi où les riverains déplorent une baisse considérable de sa production due à l'exploitation forestière surtout dans les villages Mintanye, Milongo et Nkouampboer I, bien qu'elle soit protégée dans certaines AAC. Relevons que 16 % des ménages restent neutres et pensent que les quantités récoltées n'ont pas variées depuis le début de l'exploitation forestière mais prêtent une attention favorable sur les redevances forestières.

3.8.2 IMPACT PROPREMENT DIT DE L'EXPLOITATION FORESTIERE

Les données d'inventaire d'exploitation ont permis de constituer la disponibilité du Moabi et d'Essessang dans l'UFA 00-002 à partir des ACC 1-1, 1-2, 1-3, 1-4 et 1-5. Avant l'exploitation forestière, 304 pieds de Moabi et 162 pieds d'Essessang sont dénombrés et après l'exploitation, il reste 228 pieds de Moabi et 153 pieds d'Essessang (Tableau 9).

Tableau 9. Tiges disponibles du Moabi et d'Essessang dans les AAC de l'UFA 00-002 avant et après exploitation — Stems available from Moabi and Essessang in UFA 00-002 AACs before and after harvest

N° AAC (année)	Superficie totale (ha)	Nombre de pieds de Moabi		Nombre de pieds/ha de Moabi		Nombre de pied d'Essessang		Nombre de pieds/ha d'Essessang	
		Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
1-1 (2006)	2421,64	23	00	0,009	0,000	5	5	0,002	0,002
1-2 (2007)	1394,99	31	23	0,022	0,016	13	13	0,009	0,009
1-3 (2008)	1719,34	102	81	0,059	0,047	27	18	0,015	0,010
1-4 (2009)	2792,15	68	44	0,024	0,015	18	18	0,006	0,006
1-5 (2010)	3102,50	80	/	0,114	/	99	/	0,007	/
Total	11448,62	304	228	0,75	/	162	/	0,014	/

Avant l'exploitation, un total de 304 pieds de Moabi est disponible dans l'UFA soit une densité de 0,75 pieds / ha. Après l'exploitation dans les AAC 1-1, 1-2, 1-3 un total de 52 pieds sur 156 pieds est décimé. Ceci est du soit à cause du port tortueux des espèces, de la proximité des cours d'eau, du relief très accidenté où d'une gestion durable de cette essence par la TRC.

L'exploitation d'Essessang dans l'AAC 1-3 est du au fait que la TRC testait cette espèce comme bois d'œuvre, mais hélas les résultats étaient médiocres. Par la suite cette essence n'était plus exploitée, c'est la raison pour laquelle le nombre de pieds reste intact dans les autres AAC après l'exploitation. Les densités varient de 0,002 à 0,006 pieds/ ha. Ceci justifie la mise d'un plan d'aménagement pour une gestion durable de ces forêts par la TRC.

Lors des enquêtes, les populations locales justifiaient la baisse de la récolte de ces deux espèces par le fait qu'ils étaient exploités en très grande quantité par la TRC or ces résultats montre que ces espèces sont présent dans l'UFA. Alors des questions se posent sur la baisse de la récolte entraînant une hausse des prix des produits dans les marchés locaux et urbains.

3.9 QUANTITES DE PFNL VENDUES ET LEUR DESTINATION

Les quantités des PFNL vendues diffèrent d'un village à un autre (Tableau 10). Elles plus importantes dans les villages riveraines de l'UFA 00-002 où l'accès à la ressource est peu difficile. La plupart des ménages (80 %) affirment que 70 % des PFNL sont vendus contre 30 % qui sont autoconsommés.

Tableau 10. *Lieu de récolte, quantité vendue et projection de la récolte des principaux PFNL dans les villages de la zone d'étude — Location of harvest, quantity sold and projection of the harvest of the main NWFPs in the villages of the study area*

Villages	N	Moabi		Djansang	
		M	P	M	P
Lom	35	4	140	2	70
Koukoum	30	4	120	1	30
Beng-Nyong	35	5	140	1	35
Mintanye	25	2	50	2	50
Milongo	15	6	90	1	15
Bodi	30	10	300	0	0
Makot	65	9	585	0	0
Song-Lipem	35	3	105	0	0
Song-Mahi	43	8	344	2	86
Mimbala	12	15	180	10	120
Melombo	75	15	1125	15	1125
Nkouampboer I	90	5	450	15	1350
Madong II	33	4	132	15	495
Madong I	28	4	112	15	420
Nkouampboer II	45	3	135	20	900
Bikoué I	80	2	160	5	400
Bikoué II	60	6	360	12	720
Total	701	/	4628	/	5816
Moyenne		6,17		6,82	

N = nombre total d'Unité Familiale (UF) dans le village; M = moyenne récoltée en litre par UF; P = projection des récoltes dans l'ensemble du village ($P = M \times N$).

Il ressort de ce tableau que pour l'huile de Moabi, une quantité de 6,17 litres / UF est produite. Ce volume est élevé par rapport au volume de 2,29 litres trouvés dans la région du Sud-Ouest du Cameroun (Fondoum et al., 1998) et est sensiblement égale au 7 litres extraits par les populations locales dans la concession forestière de Pallisco (Egbe, 2005). Les projections conduisent à 4628 litres pour l'ensemble des villages étudiés dans le cas de la presse annuelle.

Ce volume serait doublé si les riverains utilisaient un concasseur presseur. Cette faible production s'explique selon les riverains par le manque de débouchés, la distance lointaine des lieux de production, la rareté des tiges productrices due à l'abattage pour le bois d'œuvre et à l'agriculture itinérante sur brûlis et à une modification du microclimat. Ces résultats sont contraires à ceux de Debroux (1998) où il été récolté pour un seul arbre 327 kg d'amandes de Moabi au Sud Cameroun.

Une masse de 6,82 kg des graines de *Ricinodendron heudoletii* en moyenne est produite dans les villages par UF. Les projections révèlent une production de 5816 kg pour tous les villages étudiés Ceci traduit une baisse de la production selon les populations locales.

3.10 VALEUR ÉCONOMIQUE DES PFNL COMMERCIALISÉS

Deux issues essentielles sont réservés aux PFNL exploités, la commercialisation et la vente. La commercialisation des PFNL est donc importante chez les Bantous et Pygmées riverains des UFA 00-001 et 00-002. Ces PFNL sont vendus soit aux grossistes, soit aux détaillants, ou aux consommateurs. Les acheteurs viennent de Yaoundé, Douala, Eséka, Ebolowa, du Gabon et même du Nigeria. Certains collecteurs se déplacent dans ces marchés urbains afin de donner une plus value à leur produit. A cet effet, la valeur marchande des PFNL est importance.

Tableau 11. *Recettes issues de la commercialisation des PFNL dans la zone d'étude — Receipts from the marketing of NWFPs in the study area*

Espèces	Quantité vendue (Q)	Prix moyen (P)	Périodicité de la récolte (N)	Recettes générées $Q \times P \times N$ (Fcfa)
Moabi	3239,6	1500	1 fois / an	4 859 400
Djansang	4071,2	1200	1 fois / an	4 885 440
Total				9744840

Il ressort de ce tableau que *Baillonella toxisperma* et *Ricinodendron heudoletii* sont vendus respectivement à 1500 Fcfa le litre et 1200 Fcfa le kg. Ceci corrobore aux résultats de la FAO (1999) où 1 litre d'huile de Moabi est vendu aux prix moyen de 1500-2000Fcfa et 1 verre de 25 cl des graines de Djansang est vendu au prix moyen de 300 Fcfa.

Globalement, ces deux espèces ont générés respectivement 4 859 400 Fcfa et 4 885 440 Fcfa dans l'ensemble des villages étudiés. La recette moyenne pour un ménage est de $6,17 \times 1500 = 9255$ Fcfa (Tableau 11). Ces résultats corroborent ceux d'Egbe (2005). La commercialisation des PFNL dans la zone d'étude est entravée par les contraintes telles que l'absence des débouchés, l'absence d'information sur les prix des PFNL, le manque de route et de moyens de transport dans certains villages comme Melombo, Mimbala, Song-Mahi, et. la non maîtrise des prix des PFNL sur les marchés urbains, la mauvaise application des textes légaux, l'absence des GIC pour une valorisation communautaire.

3.11 SOURCES DE REVENUS DES MÉNAGES

Les différentes sources de revenus diffèrent aussi bien dans les ménages bantous (Figure 8) que dans les ménages pygmées (Figure 9).

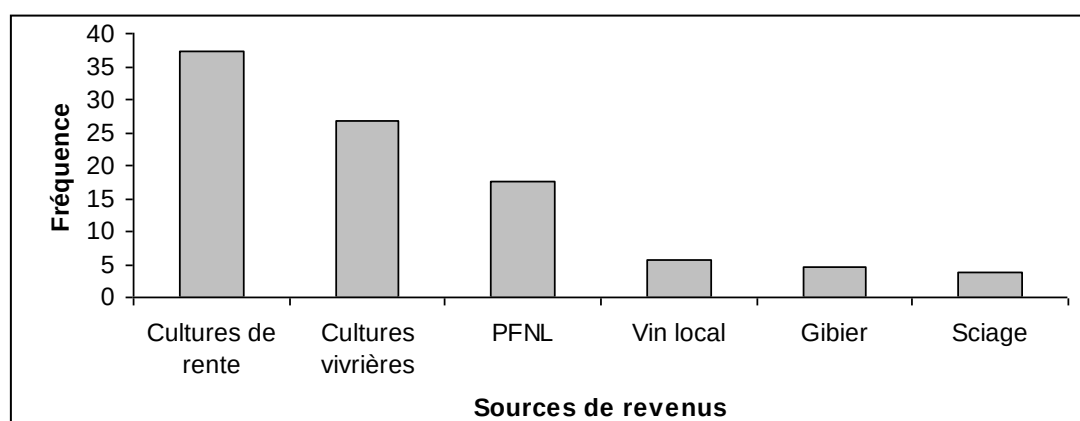


Fig. 8. *Différentes sources de revenus des ménages bantous — Different sources of income for Bantu households*

Il ressort de cette figure 18.a. que les produits de rente (cacao, café, palmier à huile) qui représentent 37,20 % sont les principales sources de revenus de ces populations. Les produits vivriers (manioc, macabo, arachide, maïs, igname, plantain etc.) constituent la deuxième source de revenus des ménages (26,74 %). Les PFNL (Djansang, Moabi) constituent la troisième source de revenus (17,44 %). Cet argent provenant des PFNL permet aux ménages d'acheter du pétrole, des habits, du savon et même du matériel scolaire. Le vin local, le gibier et le sciage sauvage contribuent respectivement à 5,81 %, 4,65 % et 3,48 % aux revenus des ménages (Figure 8). Enfin l'artisanat et les services qui sont les petits jobs et petits commerces ainsi que la vente du sable constituent 2,32 %. Ces résultats corroborent à ceux de Vabi et Tchamou (1999) qui ont révélé que les produits végétaux sauvages sont inclus dans les activités génératrices de revenus et contribuent à environ 30 % aux revenus des ménages.

De notre étude, il ressort également que le gibier contribue pour environ 4,65 % aux revenus des ménages. Ces résultats diffèrent de celui de Dkamela (2001) qui révélait que gibier rapportait de 51,2 % à 1,2 % des revenus des ménages dans le Sud-Est du Cameroun. Ces résultats diffèrent également de ceux de Joris et Peters (1994) qui rapportent que face à la crise des cultures de rente (dès 1998), le gibier constitue la première source de revenus des ménages, alors que la vente du surplus des produits des végétaux sauvages ne représente qu'une source de revenu non négligeable dans les villages Ekom et Mékas au

Cameroun. La faible contribution du gibier aux revenus des ménages s'explique non seulement par la rareté du gibier mais aussi par la proximité de certains villages des centres urbains.

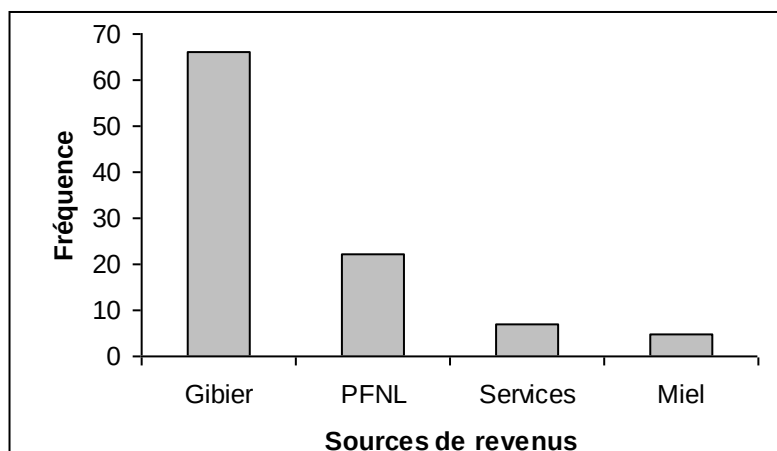


Fig. 9. Différentes sources de revenus des ménages pygmées — Different sources of income for pygmy households

Il ressort de la figure 9 que chez les pygmées le gibier est la principale source de revenu des ménages (66 %) contre (22 %) représentant le revenu issu des PFNL. Ces résultats vont dans le même sens que celui de Dkamela (2001) où selon lui 65 % de revenu des ménages chez les pygmées provient de la vente du gibier (porc-épic, hérisson, varan, antilope, rat...). La forte contribution du gibier au revenu des ménages est due à leur mode de vie ancestral et à leur habitation dans la forêt. Les services comme le défrichement des plantations cacaoyères des Bantous ou même les jobs dans leur champ de cultures vivrières leur procure 7 % de revenu. Enfin 5 % de revenu provient de la vente du miel qui est un produit très prisé dans les villages et donc les pygmées sont doués dans la récolte.

4 CONCLUSION

L'étude que nous venons de réaliser sur *Baillonella toxisperma* et *Ricinodendron heudoletii* confirme leur place importante dans les activités des populations riveraines des UFA 00-001 et 00-002. 70 % des Bantous contre 30 % des pygmées ont une connaissance sur le cadre légal de l'exploitation et la commercialisation des PFNL. La distribution de ces deux espèces n'est pas uniforme, elles sont rares dans les jardins de case, un peu plus dans les agroforêts cacaoyers et en grande quantité en forêt naturelle. Les grains de *Ricinodendron heudoletii* et l'huile de *Baillonella toxisperma* sont très appréciés pour leur rôle socio-économique car offrent de petits emplois, servent de source de consommation et traite certains maux des populations locales.

Les PFNL contribuent de manière appréciable aux revenus des ménages engagés dans la filière de commercialisation de ces produits. L'entrée et la participation aux diverses étapes de cette filière n'exigent pas d'investissement important préalable. Les marges bénéficiaires obtenues de la vente de ces principaux commercialisés au niveau local et sur les marchés urbains (Yaoundé, Douala, Eséka) permettent aux exploitants de tirer des revenus de 4 859 400 Fcfa pour *Baillonella toxisperma* et 4 885 400 Fcfa pour *Ricinodendron heudoletii* pour l'ensemble des villages étudiés de la zone d'étude.

Les personnes rencontrées dans l'exploitation de ces deux espèces sont plus les femmes où bon nombre ont déclaré qu'elles dépendent en grande partie du commerce de ces produits pour leur subsistance (achats des vêtements, du sel, du savon, frais médicaux voire écolage des enfants).

Au total, 304 individus de *Baillonella toxisperma* contre 162 individus de *Ricinodendron heudoletii* ont été inventoriés dans les 5 AAC que constituent l'UFA 00-002 à partir d'un diamètre de 100 cm et 70 cm respectivement pour les deux espèces avant le début de l'exploitation forestière. De 2006 à 2008, un total de 156 pieds de Moabi a été inventorié dans les AAC 1-1, 1-2 et 1-3. L'exploitation forestière a décimé 52 pieds du Moabi dans ces AAC pour les 3 années.

Dans le cas d'Essessang, un total de 45 pieds a été inventorié dans ces AAC et 9 pieds ont été exploités. Toute fois, ces impacts sont positifs pour l'Essessang et négatifs pour le Moabi où cette exploitation constitue un frein à l'épanouissement de cette ressource et peut entraîner à long terme sa disparition bien que la cellule la TRC contribue à sa gestion durable.

REFERENCES

- [1] Debroux L., 1998. L'aménagement des forêts tropicales fondé sur la gestion des populations d'arbres: l'exemple du Moabi au Cameroun. Thèse de doctorat. Faculté des sciences agronomiques de Gembloux. Belgique. 258 p.
- [2] Demenou A.P., 1996. La place du bois de feu dans un système agroforestier. CIFOR. Cameroun. 38 p.
- [3] Dkamela G.P., 2001. Les institutions communautaires de gestion des produits forestiers non ligneux dans les villages périphériques de la réserve du Dja. Tropenbos-Cameroun. Document de travail, Yaoundé. 175 p.
- [4] Doucet J.L. et Koufani A., 1997. Etude des produits secondaires végétaux de la forêt de Kompia, Cameroun, (utilisation, inventaire, régénération, commercialisation et gestion durable). Faculté Universitaire des Sciences de Gembloux (Belgique) et Herbier National du Cameroun. 71 p.
- [5] Egbe A.H., 2005. Ministre des forêts et de la faune de la république du Cameroun, <http://www.minef.cm>, (18/09/2010).
- [6] Fankap R., 2002. Les produits forestiers non ligneux peuvent rapporter gros dans le cadre des forêts communautaires. Bulletin de liaison du réseau de la foresterie communautaire. 121 p.
- [7] FAO., 1997. State of world's forest. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome. 29 p.
- [8] FAO., 1999. Vers une définition harmonisée des produits forestiers non ligneux. *Unasylva* (198) 50: 63-64.
- [9] Fondoum J.M., Tiki Manga T. et Kengne J., 1998. *Ricinodendron heudoletii* (Djansang): Ethnobotany and Importance for forest dwellers in southern Cameroon. Actes du 2ème séminaire international sur la valorisation du Safoutier et autres oléagineux non conventionnels, 03-05 novembre 1997, Eds. C. Kapseu et G.J. Kayem, Cameroun, Ngaoundéré. PP. 247-259.
- [10] Karsenty A. et Joiris D. U., 1999. Les systèmes locaux de gestion dans le Bassin du Congo. 120 p.
- [11] Mbita Messi H. J. C., 1999. Contribution à l'étude des plantes médicinales du Cameroun: le Cas des plantes utilisées en médecine traditionnelle pour le traitement des maladies parasitaires. Thèse doctorat 3è cycle, Université de Yaoundé I. 177 p.
- [12] MINEF., 1994. Loi 94/01 du 1er Janvier 1994, portant régime des forêts, de la faune et de la pêche. République du Cameroun. 52 p.
- [13] Ndoye O., Ruiz-Perez M. et Eyebe A., 1998. *Les marchés des produits forestiers non ligneux dans la zone des forêts humides du Cameroun*. Réseau foresterie pour le développement rural. ODI- Network. Royaume Uni. 20 p.
- [14] Nzomo A. G., 2005. *Contraintes et opportunités de l'exploitation des PFNL*. Mémoire de fin d'étude. Université de Dschang. FASA. 32p.
- [15] Peters C.M., 1994. *Sustainable harvest of non-timber plant resources in tropical moist forest: An ecological primer*. Biodiversity Support Program. WWF, Washington, United States of America. 44 p.
- [16] Schneemann J., 1995. Exploitation of Moabi in the Humid Dense Forests of Cameroon. Harmonization and improvement of two conflicting ways of exploitation of the same forest resource. *Bos News letter* N° 31, 14 (2): 20-31.
- [17] TRC., 2007. Plan d'aménagement des unités forestières d'aménagement 00-001 et 00-002. Document TRC et ses partenaires 38p.
- [18] Vabi B.M. et Tchamou N., 1999. A farming system perspective to Non Wood Forest Product exploitation in the zone of korup National Park of Cameroon: Determining the connection between the household and the forest. In Sunderland et al. (eds). *Current research issues and prospects for conservation and development*. 137 p.
- [19] Vivien et Faure J.J., 1996. *Fruitiers sauvages d'Afrique (Espèces du Cameroun)*. Ministère Française de la Coopération et CTA. 416 p.
- [20] White L. et Edwards H., 2000. Conservation en forêt pluviale africaine: Méthodes de Recherche. Wildlife Conservation Society. New York. 444 p.
- [21] Wong J. L.G., Kirsti T. et Nell B., 2001. Evaluation des ressources en PFNL. Expériences et principes de biométrie. FAO. Rome. 118 p.

Détermination des lois de distribution des éléments structurels des évacuateurs de crue par la méthode d'indice de condition

[Determination of the distribution laws of structural elements of spillways by the condition index method]

Guy-de-Patience FTATSI MBETMI¹, François Juvenaul TAMO CHEKAM¹, Frédéric DUPRAT², and Guy Edgar NTAMACK³

¹LASE, Université de Ngaoundéré, IUT, P.O. Box 455, Ngaoundéré, Cameroon

²LMDC, Université de Toulouse, INSA, UPS, 135 Avenue de Rangueil, 31077 Toulouse cedex 04, France

³GMA, Université de Ngaoundéré, Faculté de Sciences, P.O. Box 455, Ngaoundéré, Cameroon

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: Structural components are the least studied in the literature because of their properties that vary from one design to another, which explains the scarcity of statistical data on them. The objective of this work is to determine the Weibull parameters of the reliability laws of the structural components of a spillway using the Condition Index method. To this end, the partial Top-Down Structural Analysis of a spillway was presented. A structural fault tree served as a starting point for the determination of the Weibull parameters of the corresponding component reliability laws. Then, the state condition tables associated with each element were drawn from the analyses carried out by the experts during the dam inspections. The determination of the Condition Indices was carried out by following a succession of steps developed in detail in this paper. After a variable change and a linear regression on the empirical data, a first approximation of the Weibull parameters of each component was performed. Then, the parameters obtained were optimized using the generalized gradient reduction nonlinear solver of the Excel software, on points of distinct reliability, and starting from the previous approximations. The resulting reliability models are very close to discrete data, and generally conservative. Finally, the Kolmogorov-Smirnov conformity test performed in each case validates the law and the determined parameters with a confidence interval greater than 95%. They can be used as a basis for determining the structural reliability of spillways.

KEYWORDS: distribution law, spillway, condition index, structural elements, reliability.

RESUME: Les composants structurels sont les moins étudiés de la littérature à cause de leurs propriétés variables d'une conception à une autre, ce qui explique la rareté de données statistiques sur ces derniers. L'objectif de ce travail est de déterminer les paramètres de Weibull des lois de fiabilité des composants structurels d'un évacuateur de crues en utilisant la méthode d'Indice de Condition. À cet effet, l'Analyse Structurelle Descendante partielle d'un évacuateur de crues a été présentée. Un arbre de défaillances d'origine structurelle a servi de point de départ pour la détermination des paramètres de Weibull des lois de fiabilité des composants correspondants. Ensuite, les tableaux de conditions d'états associés à chaque élément ont été tirés des analyses effectuées par les experts lors des inspections de barrages. La détermination des Indices de Condition a été menée en suivant une succession d'étapes développées en détails dans ce papier. Après un changement de variable et une régression linéaire sur les données empiriques, une première approximation des paramètres de Weibull de chaque composant a été effectuée. Ensuite, les paramètres obtenus ont été optimisés en utilisant le solveur non linéaire à réduction de gradient généralisé du logiciel Excel, sur des points de fiabilité distincte, et partant des approximations précédentes. Les modèles de fiabilité obtenus sont très proches des données discrètes, et généralement conservateurs. Enfin le test de conformité de Kolmogorov Smirnov effectué dans chaque cas valide la loi et les paramètres déterminés avec un intervalle de confiance supérieur à 95%. Ils pourront servir de base à la détermination de la fiabilité structurelle d'évacuateurs de crues.

MOTS-CLEFS: loi de distribution, évacuateur de crue, indice de condition, éléments structurels, fiabilité.

1 INTRODUCTION

L'énergie hydroélectrique constitue l'une des principales sources d'énergie renouvelable au niveau mondial; résultant de la conversion de l'énergie hydraulique en énergie électrique, généralement réalisée à l'aide de barrages. Un élément crucial de la conception d'un barrage est son évacuateur de crues, qui régule les débits d'eau afin d'éviter les dépassements et de minimiser les impacts associés aux flux excessifs en aval; d'où l'importance du suivi fiabiliste des évacuateurs de barrage. Étant donné le coût élevé des barrages, un suivi rigoureux et une maintenance adéquate sont indispensables pour garantir leur fonctionnement optimal. C'est dans cette optique que des outils de contrôle et d'aide à la décision, au nombre desquels l'analyse de fiabilité, sont utilisés. Les lois de fiabilité de certains d'éléments constitutifs des barrages et leurs paramètres sont donnés dans la littérature [1], [2], [3]; par ailleurs ceux des composants structurels des évacuateurs de crues restent difficilement trouvable, justifier par le caractère particulier de conception d'un barrage à un autre. Dans ce travail, la méthode de l'Indice de Condition dans une approche probabiliste telle que présentée dans [4], appliquée aux données des tableaux d'évaluation d'états de [5], permettra de déterminer les paramètres de lois de Weibull de composants structurels d'évacuateurs de crues.

2 METHODOLOGIE ADOPTÉE

Les travaux de [4] proposent d'utiliser l'Indice de Condition (IC) comme base pour évaluer la probabilité de défaillance des composants. L'IC est un score numérique qui varie de 100 (condition idéal) à 0 (condition d'échec), qui est dérivé d'une analyse quantitative ou qualitative d'observations corrélées avec le potentiel d'échec de 5%. L'incertitude sur l'indice de condition est modélisée comme une variable aléatoire normalement distribuée. Les paramètres (moyenne et écart type) de IC (t) sont dérivés de la composante tableaux d'état en fonction des observations de terrain obtenues lors des inspections par des experts ou des essais. Le paramètre moyen reflète le niveau de performance attendu du composant dans un état particulier tandis que l'écart-type reflète les incertitudes dans le composant niveau de performance et évaluations des inspecteurs (tableau 1). Il est à noter que les valeurs de l'Indice de Condition sont supposées normalement distribuées et indépendantes. Le niveau de précision supplémentaire potentiellement atteint en utilisant d'autres types de distribution ou la corrélation entre les variables ne justifie pas la complexité supplémentaire requise.

Tableau 1. Échelle d'évaluation de l'indice de condition

Zone	Indice de Condition	Description de la condition	Action recommandée
1	85-100	Excellent : Aucun défaut notable, un peu de vieillissement et d'usure peuvent être visible	Une action immédiate est non requise
	70-84	Bon : seulement une légère détérioration et le défaut sont visibles	
2	55-69	Passable : Une certaine détérioration et les défauts sont visibles mais la fonction n'est pas significativement affectée	Analyse économique et alternatives de réparation sont recommandées pour déterminer l'action appropriée
	40-54	Marginal : Modéré détérioration, la fonction est adéquate	
3	25-39	Médiocre : grave détérioration de certaines parties de la structure. La fonction est inadéquate	Une évaluation détaillée est requise pour déterminer le besoin de réparation, de réhabilitation ou de reconstruction. L'évaluation de la sécurité est conseillée
	10-24	Très médiocre : Étendu détérioration. À peine fonctionnel	
	0-9	Défaillant : ne fonctionne plus. Défaillance générale ou complète d'un élément structurel majeur	

Une défaillance de structure est supposée évoluer de façon linéaire à travers l'indice de condition. La durée de vie de conception de la structure dicte initialement combien de temps une structure devrait rester dans un état spécifique. La valeur moyenne se déplacera linéairement vers l'extrémité inférieure de l'état de condition au fil du temps (Figure 1). L'écart type reste inchangé. Si une structure reste dans un état de condition plus longtemps que prévu, la valeur moyenne de l'IC restera à la valeur la plus basse possible dans l'état de condition jusqu'à ce qu'une inspection révèle que la structure est entrée dans un état de condition différent.

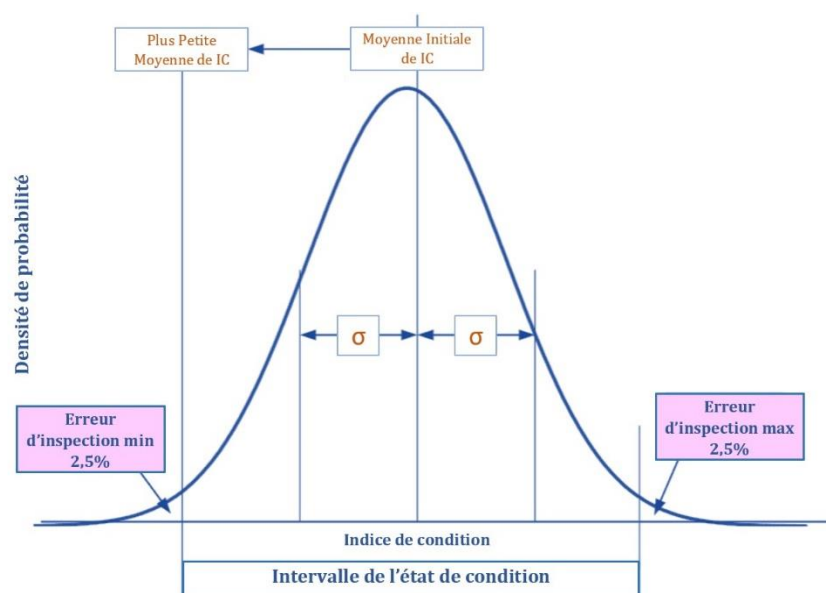


Fig. 1. Définition typique de l'état de condition en termes probabilistes

La valeur initiale de l'IC est la valeur moyenne de la distribution et l'IC, se déplaçant progressivement vers la gauche au fil du temps. La défaillance se produit lorsqu'une structure ne fonctionne plus comme prévu. On suppose que la défaillance est associée à la nécessité d'une sorte de réparation, de réhabilitation ou de reconstruction. Par conséquent, toute modification de la définition de défaillance peut être basée sur l'historique des actions de réparation. L'hypothèse initiale de l'IC_{défaillance} est $N[25, 12,5]$, [4], ce qui indique une variable distribuée normalement avec une valeur moyenne de IC=25 et un écart type de $\sigma=12,5$. L'hypothèse est basée sur la définition de l'IC présentée dans le tableau 1, où la plage d'IC de 0 à 39 déclenche le remplacement. D'après la description, un petit nombre de réparations pourraient se produire dans la gamme 40 à 54, où il y a une détérioration modérée. De même, dans la plupart des cas, un gestionnaire responsable n'attendra pas qu'une structure ne fonctionne plus (plage IC 0 – 9) pour effectuer une réparation. La figure 2 montre la distribution des défaillances de l'IC et le pourcentage présumé de remplacements qui se produiraient dans les plages des IC.

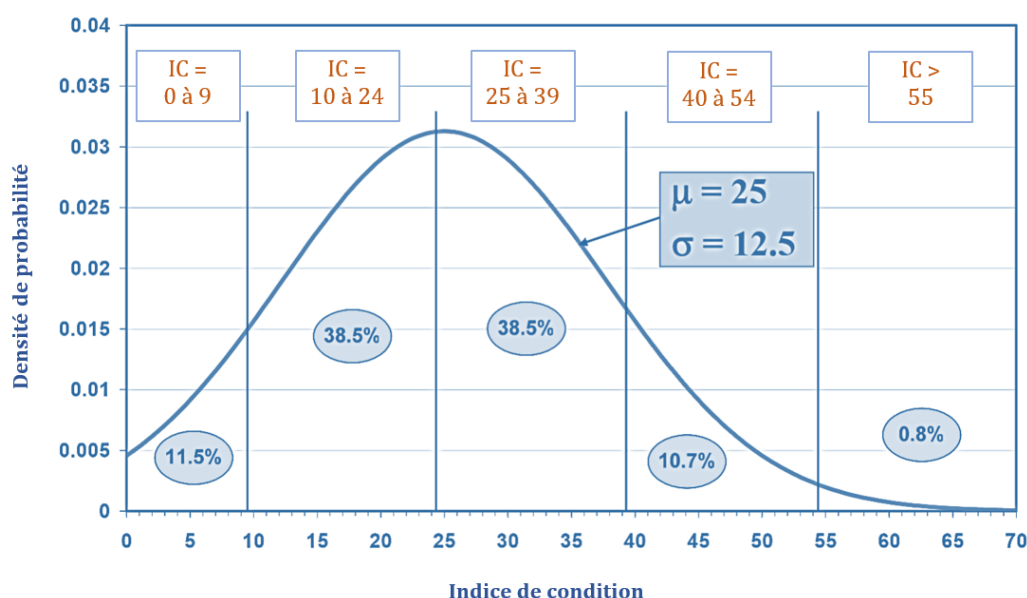


Fig. 2. Définition de l'IC de l'échec exprimée en termes probabilistes sous la forme d'une distribution normale tronquée

La méthodologie adoptée consistera, tout d'abord, à identifier les principaux éléments structuraux d'un évacuateur de crue présentés à la figure 3 [6], [3], [7].

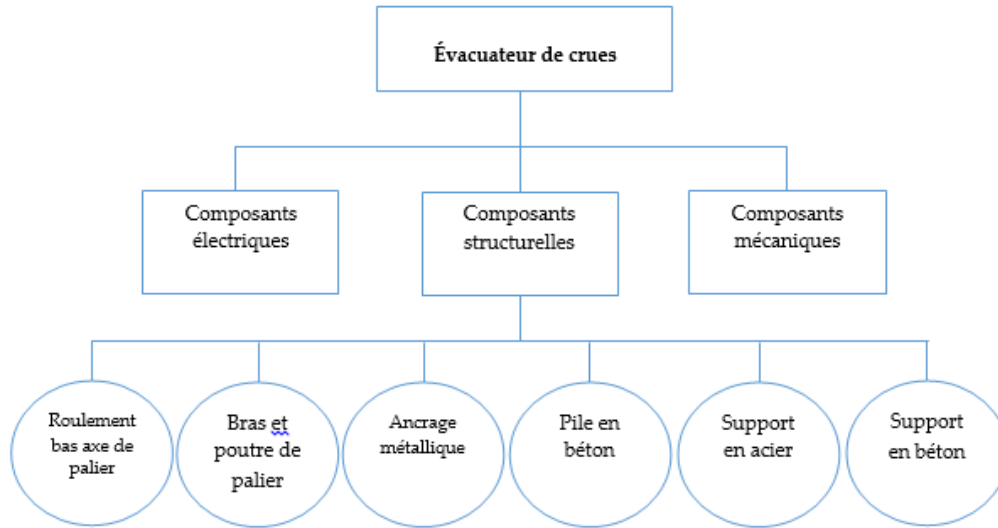


Fig. 3. Analyse Structurelle Descendante partielle d'un évacuateur de crues

Ensuite, il sera question de ressortir les différents tableaux d'état de condition construit par les experts [5]. A partir de ces tableaux d'états de condition et en suivant la démarche et les équations ci-après, le processus évolutif des Indices de Condition (IC (t)) dans le temps sera calculé, ainsi que les indices de fiabilité β (t). Enfin, les paramètres de Weibull des composants concernés seront déterminés.

Les moyennes des différents états du composant sont calculées en utilisant l'équation 1.

$$\mu_{cs_i} = \frac{CS_{min} + CS_{max}}{2} CS_{min} \quad (1)$$

Avec CS_{min} état de condition minimal, l'état de condition maximal et moyenne arithmétique de l'état i.

Les écart-types de ses différents états sont calculés en utilisant l'équation:

$$\sigma_{cs_i} = \frac{CS_{max} - \mu_{cs_i}}{1,96} \quad (2)$$

Avec σ_{cs_i} écart-types de l'état i; où la valeur numérique 1,96 est le résultat découlant de la fonction de distribution de la loi normale centrée réduite avec une erreur de 5%.

L'évolution temporaire des moyennes Indices de Conditions (IC (t)) de ces états est calculée en utilisant l'équation:

$$\mu CI_{YearX} = \max \left\{ CI_{mid} - \frac{(CI_{mid} - CI_{min}) \cdot (CS_{max} - 100 + X)}{\left(\frac{DLife}{\#CS} - 1 \right)}, CI_{min} \right\} \quad (3)$$

CI_{mid} est l'indice de condition moyen de l'état considéré, CI_{min} est l'indice de condition minimale, $DLife$ est la durée de vie prévue de la structure, $\#CS$ est le nombre d'états de condition.

Les indices de fiabilité β (t) des différents états sont calculés en utilisant l'équation:

$$\beta(t) = \frac{\mu CI(t) - \mu CI_{Failure}}{\sqrt{\mu \sigma + \mu \sigma^2_{Failure}}} \quad (4)$$

Avec $\mu CI_{Failure} = 25$ et $\mu \sigma_{Failure} = 12,5$ valeurs définies par [5], [6].

Les probabilités de défaillance en fonction du temps de chaque nœud sont calculées en utilisant l'équation:

$$P_f(t) = \phi(-\beta(t)) \quad (5)$$

Avec ϕ la fonction de distribution de la loi normale centrée réduite et est la probabilité de défaillance du composant et un instant « t ».

Et de façon complémentaire, nous calculons les fiabilités en fonction du temps de chaque composant en utilisant l'équation:

$$R(t) = 1 - P_f(t) \text{ ou } R(t) = 1 - \phi(-\beta) \quad (6)$$

Où $R(t)$ est la fiabilité du composant et un instant « t ».

Cette fiabilité peut être approchée par une distribution de Weibull à deux paramètres. La détermination de ces paramètres se fait par l'utilisation la régression linéaire selon l'équation 7 présentée ci-dessous:

$$y = ax + b \quad (7)$$

Où les variables x et y en fonction du temps de chaque composant sont calculés en utilisant les équations suivantes:

$$x_t = \ln(t) \quad (8)$$

$$y_t = \ln\left(\frac{\ln 1}{R(t)}\right) \quad (9)$$

Avec x_t et y_t l'évolution des variables x et y en fonction du temps.

Après avoir tracé la série de point $y = f(x)$, on utilise la régression linéaire pour déterminer les paramètres a et b de l'équation 7.

Ensuite, une première approximation des deux paramètres α et β de la loi de Weibull est faite selon les équations suivantes:

$$\alpha = \frac{1}{e^{\left(\frac{b}{a}\right)}} \quad (10)$$

$$\beta = a \quad (11)$$

Avec α qui est le paramètre de forme et β le paramètre d'échelle.

Après cette première approximation des paramètres α et β de la loi de Weibull associée à chaque nœud, leurs optimisations ont été effectuées via le solveur non linéaire GRG (Generalized Reduced Gradient) [8], [9] en minimisant la somme des carrés des résidus. Il est à noter que les résidus des points avec une fiabilité identique à deux instants consécutifs ont été annulés pour les exclure du processus d'ajustement (voir algorithme en (12)). Le test de Kolmogorov Smirnov [10] a permis de valider les lois de Weibull aux paramètres optimisés.

$$\text{Si } |R(t+1) - R(t)| < 0,001; \text{ alors } (R(t+1) - R(t))^2 = 0; \text{ Sinon calculer } (R(t+1) - R(t))^2 \quad (12)$$

Le test de Kolmogorov Smirnov (KS) consiste à calculer les valeurs absolues des différences existantes entre les distributions de fréquences relatives cumulées de deux échantillons (Dans notre cas, $R(t)$ et $R(t)w$) et à comparer la plus grande de ces valeurs ($D_{\max}$) au seuil critique D_α [10]. La variable D_α est calculée selon (13).

$$D_\alpha = \frac{c}{\sqrt{n}} \quad (13)$$

Où n est la taille de l'échantillon, α le quantile considéré et C une constante fonction de α . Pour nos tests de KS, les deux hypothèses sont indiquées ci-après.

H0: La fiabilité obtenue par les données discrètes est la même que la fiabilité approchée par la loi de Weibull dont les paramètres sont calculés.

H1: La fiabilité obtenue par les données discrètes est différente de la fiabilité approchée par la loi de Weibull dont les paramètres sont calculés.

$n = 50$, $\alpha = 1\%$, $c = 1,63$; donc $D_\alpha = 0,276$.

Si $D_{\max} < D_\alpha$, l'hypothèse H0 est acceptée (la loi est validée).

3 RESULTATS

Dans cette étude, on suppose que l'inspecteur classera correctement la structure 95 % du temps, bien que d'autres valeurs raisonnables (90 %, 85 %) puissent être choisies. Des facteurs tels que l'expérience de l'inspecteur, les contrôles ponctuels d'assurance qualité, les programmes de formation, la certification officielle, les réunions périodiques et les directives publiées doivent être pris en compte dans le choix de cette valeur [12]. Lorsqu'un inspecteur affecte un état de condition, il existe une plage de valeurs qui peut être assez large. Pour être prudent, on suppose que la valeur moyenne de l'IC est au centre de la plage lorsque l'état de la condition est identifié pour la première fois.

3.1 IDENTIFICATION DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS STRUCTURAUX

À partir de l'Analyse Structurale Descendante de la figure 3, les éléments structurels d'un évacuateur de crues sont identifiés à la dernière ligne. Leurs désignations et codifications sont données dans le tableau 2.

Tableau 2. Principaux éléments structuraux

Codification	Désignation
R_B_A_P	Roulement Bas Axe de Palier
B_P_P	Bras et Poutre de Palier
E_M	Ancrage Métallique
P_B	Pile en Béton
S_A	Support en Acier
S_B	Support en Béton

3.2 DETERMINATION DES PARAMETRES DE WEIBULL DE LA FIABILITE DES BRAS ET POUTRE DE PALIER

La première étape consiste à déterminer les Indices de condition des « Bras et poutre de palier » à partir du tableau 3, tiré des annexes de [2], [5].

Tableau 3. Indice de condition de BPP

Bras et Poutre de Palier							
États	Score des Indice de Condition						
	0 – 9	10 – 24	25 – 39	40 – 54	55 – 69	70 – 84	85 – 100
1							X
2				X	X	X	
3	X	X	X	X	X		
4	X	X	X				

À partir du tableau 3, les quatre états du « Bras et Poutre de Palier », [85-100], [70-84], [40-69], [0-39], peuvent être relevés.

Les équations 1 à 6 ont été implémentées en considérant un pas de temps de 2 ans sur une période de 0 à 100 ans. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 4 ci-dessous.

Tableau 4. Résultats de calcul pour BPP

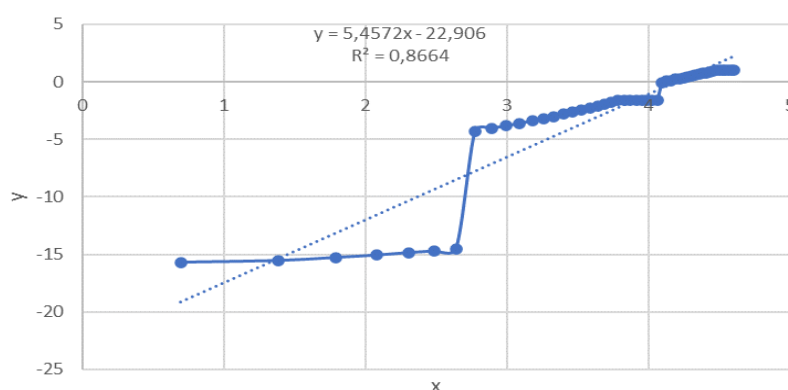
Min	Max	Moy	$\mu\sigma$ (t)	100 - t	t (an)	$\mu Cl(t)$	$\beta(t)$	pf(t)	R(t)
85	100	92,5	3,83	100	0	92,5	5,16	1,235E-07	1
85	100	92,5	3,83	98	2	92,0	5,12	1,528E-07	1
85	100	92,5	3,83	96	4	91,5	5,09	1,790E-07	1
85	100	92,5	3,83	94	6	90,9	5,04	2,328E-07	1
85	100	92,5	3,83	92	8	90,4	5	2,867E-07	1
85	100	92,5	3,83	90	10	89,9	4,96	3,525E-07	1
85	100	92,5	3,83	88	12	89,4	4,93	4,111E-07	1
85	100	92,5	3,83	86	14	88,9	4,89	5,042E-07	0,977
70	84	77	3,57	84	16	77,0	4	3,167E-05	0,973
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
70	84	77	3,57	70	30	73,6	3,74	9,201E-05	0,926
40	69	54,5	7,4	68	32	54,0	2	2,275E-02	0,916
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
40	69	54,5	7,4	40	60	40,0	1,03	1,515E-01	0,145
0	39	19,5	9,95	38	62	18,8	-0,39	6,517E-01	0,125
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
0	39	19,5	9,95	0	100	0,0	-1,56	9,406E-01	0,926

Nous calculons les variables x et y en fonction du temps de chaque nœud en utilisant les formules d'équation 8 et 9. Les résultats sont présentés dans le tableau 5. La lecture de ce dernier se fait du haut vers le bas et de la gauche vers la droite suivant les valeurs croissantes de x.

Tableau 5. Évolution des variables de l'équation 7 de BPP

x	y	x	Y	x	y	x	y	x	y	x	y
0,001	-15,907	2,89	-10,192	3,526	-3,606	3,951	-2,303	4,22	0,295	4,454	0,923
0,693	-15,694	2,996	-10,025	3,584	-3,444	3,989	-2,174	4,248	0,377	4,477	0,981
1,386	-15,536	3,091	-9,86	3,638	-3,286	4,025	-2,048	4,277	0,448	4,5	1,038
1,792	-15,273	3,178	-9,737	3,689	-3,131	4,06	-1,926	4,304	0,526	4,522	1,038
2,079	-15,065	3,258	-9,615	3,738	-2,981	4,094	-1,806	4,331	0,594	4,543	1,038
2,303	-14,858	3,332	-9,453	3,784	-2,835	4,127	0,053	4,357	0,66	4,564	1,038
2,485	-14,704	3,401	-9,294	3,829	-2,692	4,159	0,133	4,382	0,732	4,585	1,038
2,639	-14,5	3,466	-3,772	3,871	-2,572	4,19	0,22	4,407	0,794	4,605	1,038

La régression linéaire a été utilisée pour déterminer une première approximation des paramètres a et b de l'équation 7. Elle est présentée à la figure 4 ci-dessous.

Fig. 4. Régression linéaire $y = f(x)$ de BPP

On obtient $a = 5,457$ et $b = -22,906$. Selon les équations 10 et 11, on détermine les paramètres de Weibull à deux paramètres. On déduit que BPP suit une loi de Weibull (67,00; 5,46).

Ensuite, l'optimisation de ces paramètres est faite avec le solveur non linéaire GRG [8], [9]. Ce dernier a été choisi pour sa flexibilité, son efficacité, sa robustesse et sa précision dans le but d'atteindre des solutions très précises. Il est bon de rappeler que nous avons préalablement appliqué l'algorithme présenté en [12]. Les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6. Valeurs des résidus quadratiques après optimisation

t (Année)	$\mu_{CI}(t)$	$\beta(t)$	$pf(t)$	$R(t)$	$R(t)w$	$R(t)-R(t)w$	$(R(t)-R(t)w)^2$	$(R(t)-R(t)w)^2$
0	92,5	5,16	1,23E-07	1	1	1,23E-07	0	1,52E-14
2	92,0	5,12	1,52E-07	1	0,999	7,12E-07	0	5,08E-13
4	91,5	5,09	1,79E-07	1	0,999	1,36E-05	0	1,87E-10
6	90,9	5,04	2,32E-07	1	0,999	6,99E-05	0	4,89E-09
10	89,9	4,96	3,52E-07	1	0,999	0,00	0	4,91E-08
12	89,4	4,93	4,11E-07	1	0,998	0,00	0	2,93E-07
14	88,9	4,89	5,04E-07	0,977	0,997	0,00	4,33E-06	1,26E-06
16	77,0	4	3,16E-05	0,973	0,994	0,01	0,00	4,33E-06
...	...	...	...	...	...	...	...	...
30	73,6	3,74	9,20E-05	0,926	0,956	0,02	0,00	0,0002
32	54,0	2	2,27E-02	0,916	0,944	0,01	0,00	0,0001
...	...	...	...	...	...	...	...	...
60	40,0	1,03	1,51E-01	0,145	0,494	0,11	0,01	0,01
62	18,8	-0,39	6,51E-01	0,125	0,447	0,09	0,00	0,00
...	...	...	...	...	...	...	...	...
100	0,0	-1,56	9,40E-01	0,926	0,004	0,05	0,00	0,00

Après optimisation, nous obtenons que BPP suit une loi de **Weibull (65,48; 4,00)**, avec un $R^2 = 0,995$. La figure 5 présente l'évolution temporaire de la fiabilité ($R(t)$) de BPP; avec $R(t)$ la courbe de fiabilité obtenue par les données discrètes, et $R(t)w$ la courbe de fiabilité approchée par la loi de Weibull aux paramètres optimisés. Elles sont très proches la plupart du temps et $R(t)w$ est généralement conservateur pour les quelques cas de décalage.

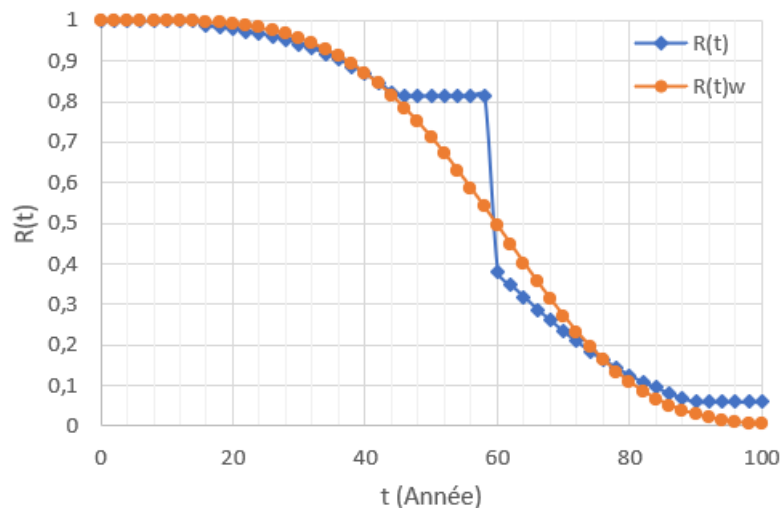


Fig. 5. Évolution de $R(t)$ de BPP discret et approcher par la loi de Weibull

Du tableau 6, on obtient $D_{\max} = 0,273 < D_{\alpha} = 0,276$; donc l'hypothèse H_0 est acceptée, la loi de Weibull et ses paramètres optimisés sont validés.

3.3 DETERMINATION DES PARAMETRES DE WEIBULL DE LA FIABILITE DE L'ANCRAGE METALLIQUE

De même, pour l'élément EM, on a le tableau 7 tiré des annexes de [2], [5] qui donne ses trois états.

Tableau 7. Indice de condition de EM

Ancrage Métallique							
États	Score des Indice de Condition						
	0 – 9	10 – 24	25 – 39	40 – 54	55 – 69	70 – 84	85 – 100
1							X
2			X	X	X		
3	X	X	X				

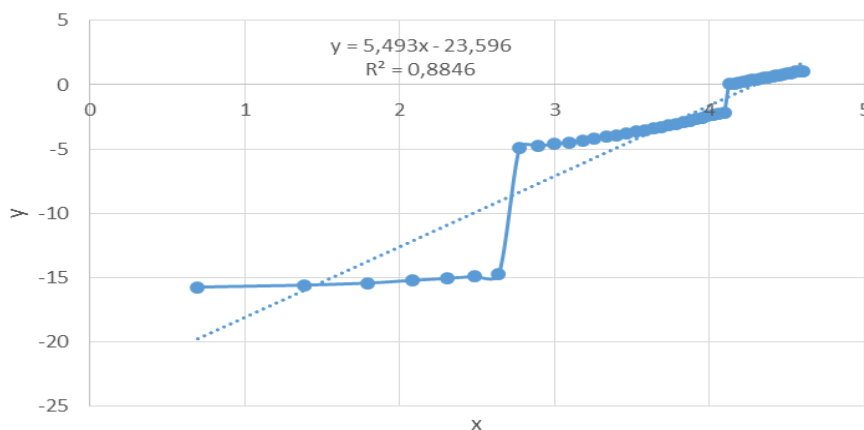


Fig. 6. Régression linéaire $y = f(x)$ de EM

On obtient $a = 5,493$ et $b = -23,596$. Le composant EM suit une loi de Weibull (66,06; 5,49).

La figure 7 présente l'évolution temporelle des courbes de fiabilité de EM. Les indicateurs affichés à droite des courbes montrent que la loi de Weibull optimisée de EM est validée.

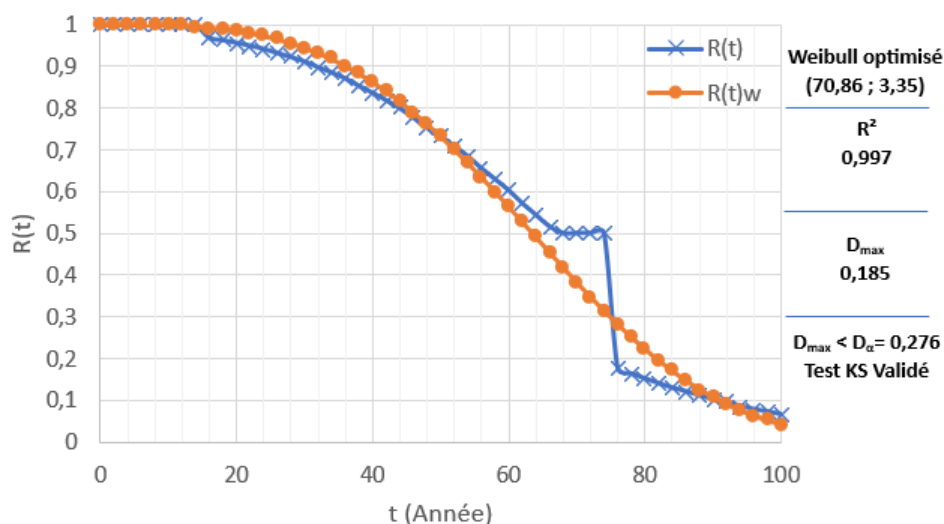


Fig. 7. Évolution de $R(t)$ de EM discret et approcher par la loi de Weibull

3.4 DETERMINATION DES PARAMETRES DE WEIBULL DE LA FIABILITE DE LA POUTRE EN BETON

Pour l'élément PB, on a le tableau 8 tiré des annexes de [2], [5] qui indique ses quatre états.

Tableau 8. Indice de condition de PB

Pile en Béton							
États	Score des Indice de Condition						
	0 – 9	10 – 24	25 – 39	40 – 54	55 – 69	70 – 84	85 – 100
1							X
2					X	X	
3			X	X			
4	X	X					

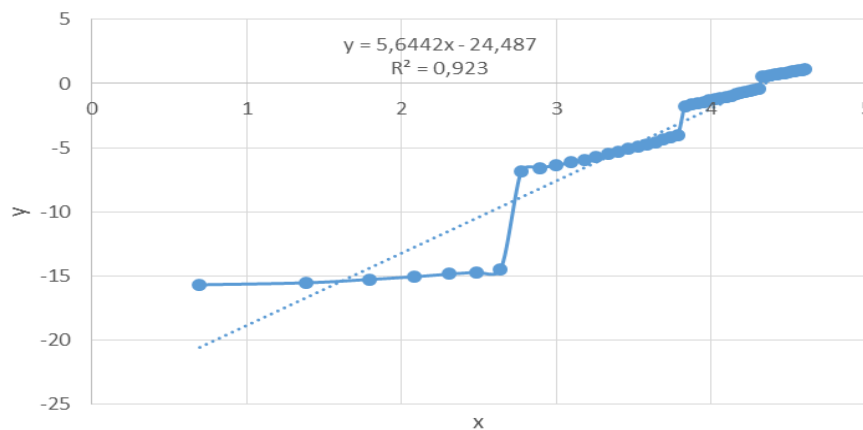


Fig. 8. Régression linéaire $y = f(x)$ de PB

On obtient $a = 5,644$ et $b = -24,487$. D'où le composant PB suit une loi de **Weibull (80,88; 5,64)**.

La figure 9 présente l'évolution temporelle des courbes de fiabilité de PB. Les indicateurs affichés à droite des courbes montrent que la loi de Weibull optimisée de PB est validée.

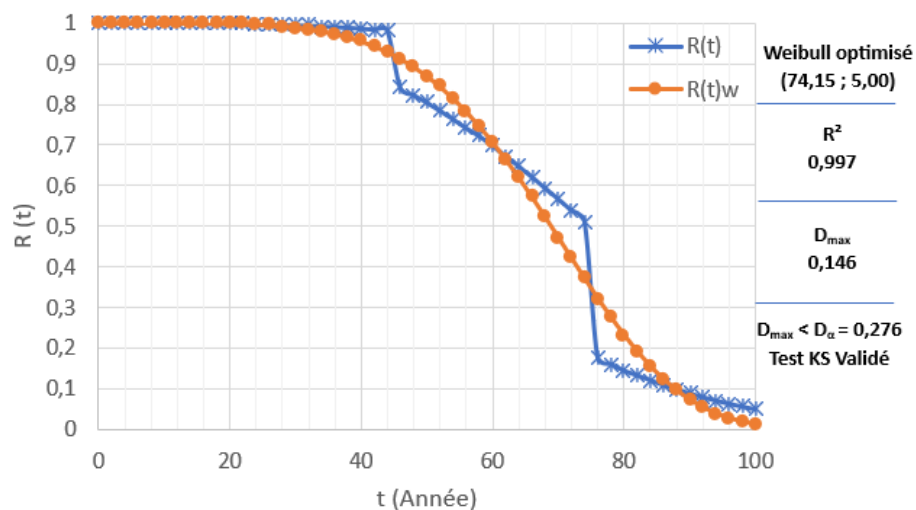


Fig. 9. Évolution de $R(t)$ de PB discret et approcher par la loi de Weibull

3.5 DETERMINATION DES PARAMETRES DE WEIBULL DE LA FIABILITE DU SUPPORT EN ACIER

Pour l'élément SA, on a le tableau 9 tiré des annexes de [2], [5] qui indique ses cinq états.

Tableau 9. Indice de condition de SA

Support en Acier							
États	Score des Indice de Condition						
	0 – 9	10 – 24	25 – 39	40 – 54	55 – 69	70 – 84	85 – 100
1							X
2						X	
3				X	X		
4		X	X				
5	X						

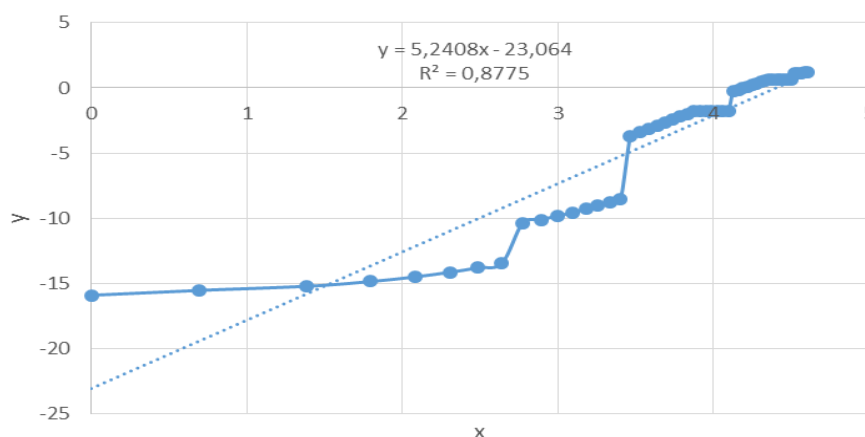


Fig. 10. Régression linéaire $y = f(x)$ de SA

On a $a = 5,241$ et $b = -23,064$. D'où le composant SA suit une loi de Weibull (81,52; 5,24).

La figure 11 présente l'évolution temporelle des courbes de fiabilité de SA. Les indicateurs affichés à droite des courbes montrent que la loi de Weibull optimisée de SA est validée.

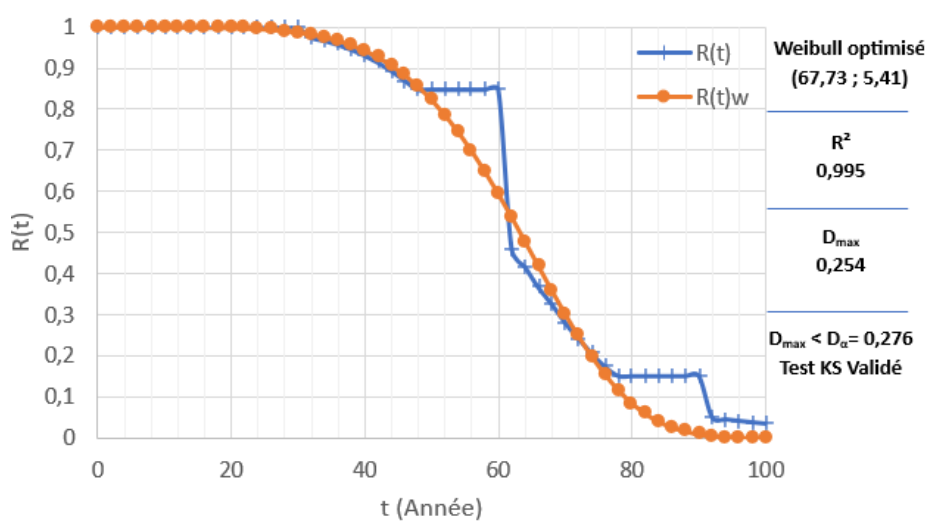


Fig. 11. Évolution de $R(t)$ de SA discret et approcher par la loi de Weibull

3.6 DETERMINATION DES PARAMETRES DE WEIBULL DE LA FIABILITE DU SUPPORT EN BETON

Pour l'élément SB, on a le tableau 10 tiré des annexes de [2], [5] qui indique ses cinq états.

Tableau 10. Indice de condition de SB

Support en Béton							
États	Score des Indice de Condition						
	0 – 9	10 – 24	25 – 39	40 – 54	55 – 69	70 – 84	85 – 100
1							X
2						X	
3				X	X		
4		X	X				
5	X						

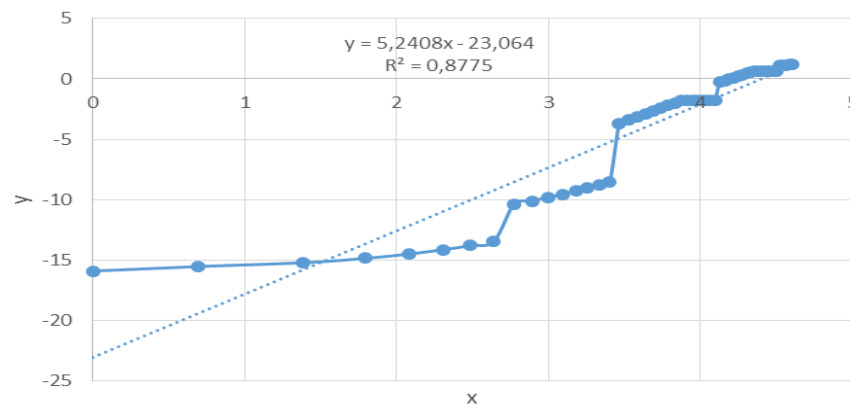


Fig. 12. Régression linéaire $y = f(x)$ de SB

On obtient $a = 5,2408$ et $b = -23,064$. D'où le nœud suit une loi de Weibull (81,52; 5,24).

La figure 13 présente l'évolution temporelle des courbes de fiabilité de SB. Les indicateurs affichés à droite des courbes montrent que la loi de Weibull optimisée de SB est validée.

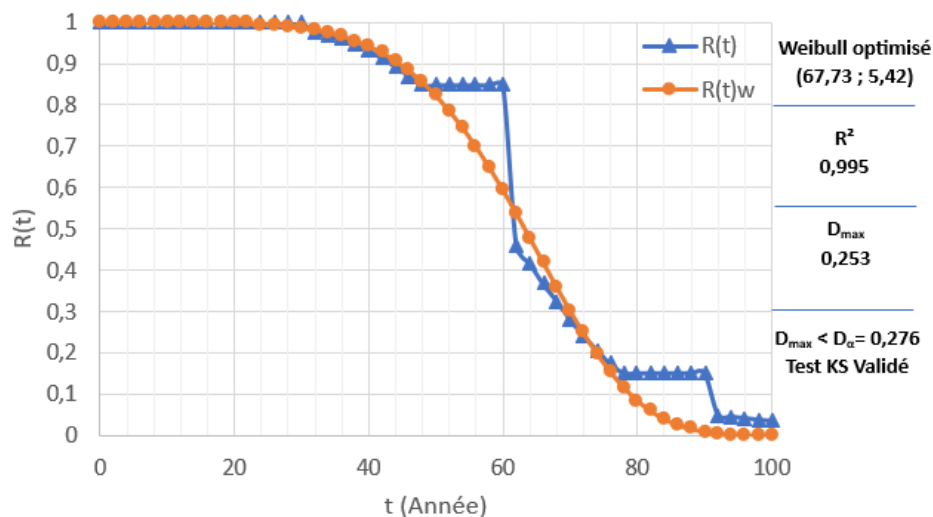


Fig. 13. Évolution de $R(t)$ de SB discret et approcher par la loi de Weibull

Le récapitulatif des paramètres de lois de Weibull des principaux composants structurels de l'évacuateur de crues est présenté dans le tableau 11 ci-dessous.

Tableau 11. Synthèse des paramètres de lois des principaux éléments structuraux d'un évacuateur

Codification	Désignation	Loi	Paramètres	Périodes d'étude (année)
RBAP	Roulement Bas Axe de Palier	Weibull	$\alpha = 129 ; \beta = 5,18$	100
BPP	Bras et Poutre de Palier	Weibull	$\alpha = 65,47 ; \beta = 4,00$	100
EM	Ancrage Métallique	Weibull	$\alpha = 70,86 ; \beta = 3,35$	100
PB	Pile en Béton	Weibull	$\alpha = 74,15 ; \beta = 5,05$	100
SA	Support en Acier	Weibull	$\alpha = 67,73 ; \beta = 5,41$	100
SB	Support en Béton	Weibull	$\alpha = 67,73 ; \beta = 5,42$	100

4 CONCLUSION

Ce travail est un cas d'application qui développe une méthodologie permettant de déterminer les paramètres de Weibull des composants structuraux en utilisant la méthode d'indice de condition pour calculer l'évolution de la probabilité de défaillance des composants structuraux des évacuateurs de crues ainsi que leur fiabilité. Partant d'une analyse structurelle descendante d'un évacuateur de crues et des tableaux d'Indice de Condition mis en place par les experts, une succession d'étapes bien a permis d'aboutir aux différents paramètres des lois de Weibull des composants structurels. Ces lois ainsi que leurs paramètres ont passé le test de conformité de Kolmogorov Smirnov. Ils pourront légitimement être utilisés ultérieurement pour déterminer l'évolution de la fiabilité structurelle d'un évacuateur de crues dans le temps.

REMERCIEMENTS

Nous remercions les différents laboratoires pour le cadre fourni et mis à notre disposition pour l'accomplissement de ce travail.

REFERENCES

- [1] D. N. D. Hartford, G. B. Baecher, P. A. Zielinski, R. C. Patev, R. Ascila, et K. Rytters, *Operational Safety of Dams and Reservoirs: Understanding the reliability of flow-control systems*. ICE Publishing, 2016.
- [2] M. Kalantarnia, « Reliability analysis of spillway gate systems », *McGill Univ.*, 2013.
- [3] M. Kalantarnia, L. Chouinard, et S. Foltz, « Objective procedure for optimization of inspection and testing strategies for spillways », *J. Infrastruct. Syst.*, vol. 22, n° 1, p. 04015011, 2016.
- [4] A. Estes, S. Foltz, et D. McKay, « Estimating risk from spillway gate systems on dams using condition assessment data », 2005.
- [5] L. Chouinard, S. Foltz, J.-G. Robichaud, et R. Wittebolle, « Condition assessment methodology for spillways », 2008.
- [6] R. C. Patev, C. Putcha, et S. D. Foltz, « Methodology for risk analysis of dam gates and associated operating equipment using fault tree analysis », ENGINEER RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER VICKSBURG MS, 2005.
- [7] Ftatsi Mbetmi, « Fiabilité résiduelle des ouvrages en béton dégradés par réaction alcali-granulat: application au barrage hydroélectrique de Song Loulou », PhD Thesis, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier, 2018.
- [8] S. Smith et L. Lasdon, « Solving large sparse nonlinear programs using GRG », *ORSA J. Comput.*, vol. 4, n° 1, p. 2-15, 1992.
- [9] M. Zakwan, « Gradient-based optimization », in *Handbook of Hydroinformatics*, Elsevier, 2023, p. 243-251.
- [10] F. J. Massey Jr, « The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit », *J. Am. Stat. Assoc.*, vol. 46, n° 253, p. 68-78, 1951.
- [11] R. Cortes, « Modified Kolmogorov-Smirnov Test for the Gamma and Weibull Distribution With Unknown Location and Scale Parameters », *NTIS Springf. VA 1980 113*, 1980.
- [12] A. C. Estes, D. M. Frangopol, et S. D. Foltz, « Updating reliability of steel miter gates on locks and dams using visual inspection results », *Eng. Struct.*, vol. 26, n° 3, p. 319-333, 2004.

