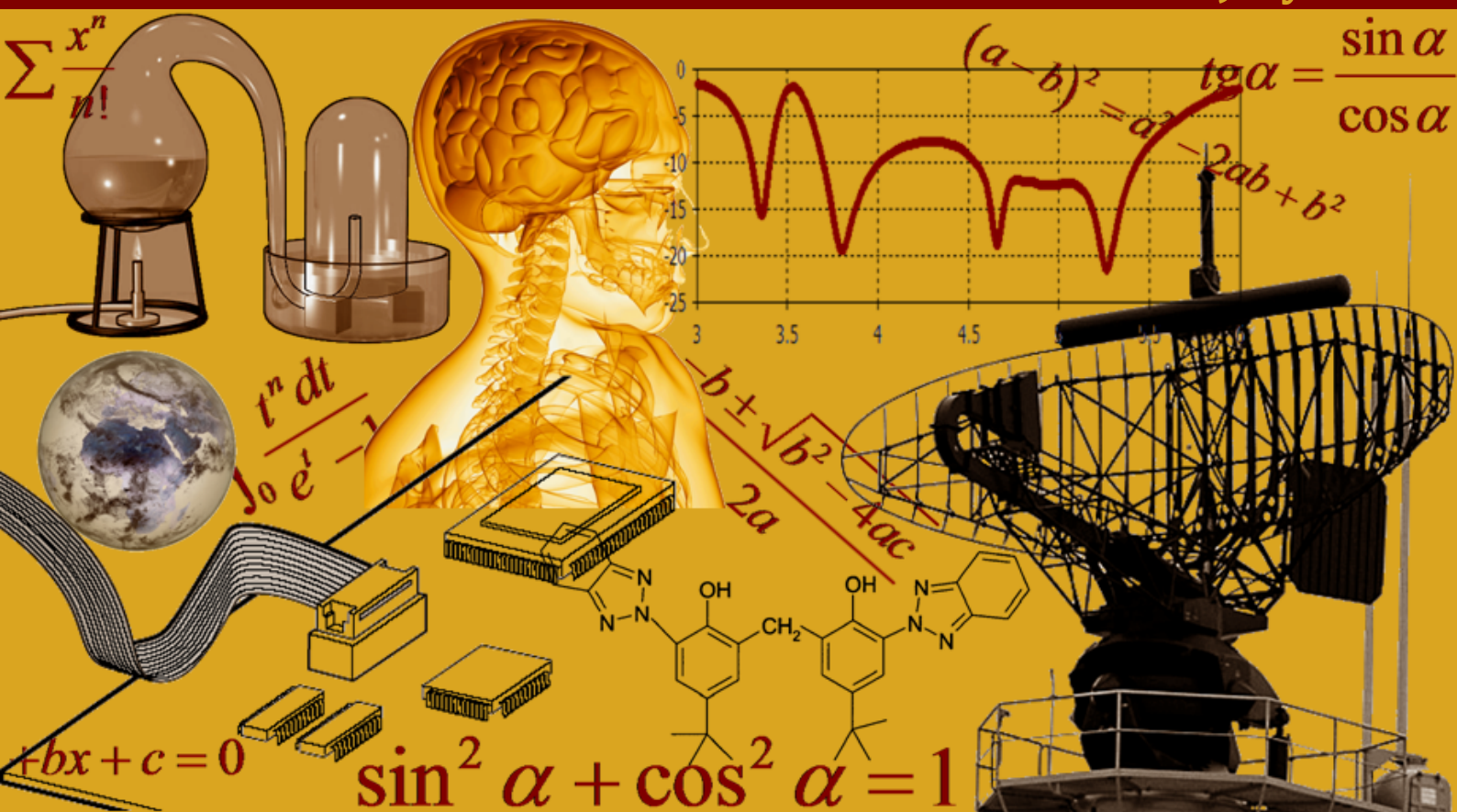


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 67 N. 2 July 2023



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Scientific Research

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

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

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

Editorial Advisory Board

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

Table of Contents

Perspectives and reflections of prospective teachers on home-base agriculture practical training in a restrictive environment on the tropical island of Tobago: A case study	148-160
<i>William Mollineau and Trevor Garcia</i>	
Selección de una DBaaS relacional mediante el análisis de sus principales características para un sistema de información	161-169
<i>Elizabeth Sola Lira, Juan Ramos Ramos, María Janai Sánchez Hernández, José Juan Hernández Mora, and Higinio Nava Bautista</i>	
Caractérisation des électro-faciès et faciès lithologique des systèmes fluviaux du Continental terminal Ivoirien: Cas du forage BNC1	170-181
<i>Ble N'Tayé Christian Arnaud, Assale Fori Yao Paul, Ghélé Ouattara, Dezaï Lemanois Eudes Eyraud, Denean Stéphane, and Mondé Sylvain</i>	
Climatic Drought Characterization Using the Standardized Precipitation Index (SPI) and the North Atlantic Oscillation (NAO) Effects in the Tensift Watershed-Morocco	182-189
<i>Jawad El Hawari, Youness Bouhafa, Abd Ellatif Sinbri, Omar Ghadbane, Othman Rahimi, Aomar Achehboune, and Mohamed El Ghachi</i>	
Systematic Literature Review on social media in Employee Recruitment and Selection (2018-2022)	190-201
<i>Smail Saadaoui and Bouchra Belmouffeq</i>	
Selection and agronomic variability of twenty-nine accessions for the yield of bambara groundnut [Vigna subterranea (L.) Verdcourt] cultivated in the Far West of Niger	202-212
<i>Abdou Zakary Yaou Ibrahim, Maina Fanna, Alhassane Agali, Ali Malam Labo Mohamed, Harouna Issa Amadou, and Idi Saidou Sani</i>	
Essai d'alimentation du tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) avec des aliments contenant des crottes de lapin	213-217
<i>Amakoé ADIANKE, Lamoussa LALLE, Ali K. KADANGA, and Atti Tchabi</i>	
Pour une planification optimale des terres agricoles périurbaines des arrondissements 3 et 4 de Bobo-Dioulasso au Burkina Faso	218-230
<i>GANSAONRE Raogo Noël, SODORE Abdoul Azise, SANKARA Inoussa, and ZOUNGRANA Tanga Pierre</i>	
Données préliminaires sur la lithologie du forage d'eau de Diovo à Mbujimayi	231-239
<i>Téléphore Mayiba, Albert KALAU, Divin Tshimanga, Elie TSHINGULI, Maclin Kabongo, Mersa KABANGU, Hippolyte MUTOMBO, Trésor Mulunda, and Crispin Musambayi</i>	
Etude hydrogéologique sur le forage d'eau de Kanjiya à Mbujimayi: Une contribution à l'analyse stratigraphique du système de la Bushimay	240-248
<i>Téléphore Mayiba, Maclin Kabemba Kabongo, Crispin Musambayi, Mersa KABANGU, Albert KALAU, Divin Tshimanga, and Elie TSHINGULI</i>	
Nombre de topologies finies sur un ensemble fini: Une approche de décomposition en topologies partielles	249-258
<i>Clara Paluku Kasoki and Salem Kumpovela</i>	
Première caractérisation de la population des pêcheurs récréatifs du département de Korhogo (nord de la Côte d'Ivoire)	259-267
<i>Koudou Dogbo, Jonas Penatilié Bakary, Silué Pébanagnanan David, and Yéo Dotana</i>	
Analyse des déterminants des conflits fonciers dans le département de Lakota (Sud-Ouest Ivoirien)	268-282
<i>Ghodje Jean-François Aristide and Godi Jonas</i>	
E-learning et universités marocaines: Cas de l'Université Al Akhawayn d'Ifrane	283-292
<i>Ouafae Benzina and Wissal Chafik</i>	
L'influence de l'absentéisme sur la performance du personnel médical sanitaire du Tchad	293-301
<i>Lopiagoto Noudjihoudou Désiré, Douanla Jean, and NOHOTIO KENNE Jean Mathurin</i>	
Evaluation à long terme de l'impact de la dynamique de l'occupation des sols sur les écoulements dans le bassin versant du Haut Bandama (Nord Côte d'Ivoire)	302-323
<i>OUEDE Gla Blaise, Kouadio Zilé Alex, Yao Affoué Berthe, Kouassi Kouakou Lazare, and Diedihou Arona</i>	
Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des terres de termitières de cubitermes sp. (isoptera, termitidae) et de fourmilières de pheidole sp. (hymenoptera, formicidae) en zone soudano sahélienne au Mali	324-337
<i>Abou Coulibaly, Hawa Sanogo, Bakary Sagara, Bocar Ahamadou, and Amoro Coulibaly</i>	

International migration of refugee family fisheries under the effect of coastal erosion and maritime submersion in Saint-Louis (Senegal)	338-344
<i><u>Abdoulaye Alassane BA and Abdoulaye NGOM</u></i>	
Flore et végétation des zones rudérales du Parc National d’Azagny et identification des espèces exotiques envahissantes	345-360
<i><u>Sopie Elvire Vanessa AKAFFOU, Zinsi Roseline GOULI GNANAZAN, Franck Placide Junior PAGNY, Kouassi Kouman Noël NANAN, Arthur Philippe DJAN, Ouattara MEVANLY, and TIÉBRÉ Marie-Solange</u></i>	
Proposition d’une ceinture verte le long du Lac-Kivu dans la ville de Goma: Une nouvelle stratégie d’anticipation au danger de la catastrophe d’origine tectonique au niveau du Lac-Kivu (RD Congo)	361-369
<i><u>Prosper BIZIMANA GAKURU, Jean-Ballon BIGOHE, and Willy N'SHOLE MAPUMA</u></i>	

Perspectives and reflections of prospective teachers on home-base agriculture practical training in a restrictive environment on the tropical island of Tobago: A case study

William Mollineau¹ and Trevor Garcia²

¹Centre for Education Programmes (CEP), The University of Trinidad and Tobago (UTT), Point Lisas Campus, Point Lisas, Trinidad, Republic of Trinidad and Tobago

²CEP, UTT, Tobago Campus, Scarborough, Tobago, Republic of Trinidad and Tobago

Copyright © 2023 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 surveyed a class of Prospective Teachers reading a 13-week agricultural course in the Bachelor of Primary Education Degree at The University of Trinidad and Tobago, Centre for Education Programmes, Tobago Campus. Data were collected pre and post course delivery. The paper discusses the results of the respondents. Major findings include the preference for crops over animals and the desire of the student teachers to incorporate the concepts of container gardening and indigenous animal knowledge in their classrooms. The students' knowledge of Tobago's indigenous animals were better than comparative groups in other geographic regions. It was concluded that the home-based container gardening approach may be successfully used for continuity of agricultural practical training of prospective teachers during periods where access to face-to-face teaching and learning are restricted.

KEYWORDS: Container gardening, indigenous animals, practical-based agriculture, online learning.

1 BACKGROUND

Primary education activities were impacted by the COVID-19 pandemic during the first quarter of 2020. In some territories teaching and learning processes were shifted from the physical environment to the virtual world. Therefore, adjustments were needed for the continuity of learning [1]. These challenges were more severe for the delivery of practical-based courses such as agriculture. The major concern was the practical component where innovative delivery and assessment modes were required. Changes in what students learn and how they are taught are critical and teacher education programmes must reconsider courses and curriculum to prepare teacher candidates to understand and implement any new standards [2]. Online participation had a positive impact on pre-service primary school teachers [3]. Benefits included lessons' adaptation and critical self-assessment. Garden activities were reported as having highly positive effects on self-esteem [4]. Students reflected that practical pedagogical training makes a crucial contribution to their education and would guide their development as educators [5]. Prospective teachers also expressed the thrills they experienced during exploration and getting the practice-oriented knowledge [6] in their agricultural courses while pursuing pedagogy degrees [7]. Supervised home gardening had several additional benefits to pupils over the use of the school gardens, such as development of agricultural skills, family food security, independent learning and reflection, and entrepreneurship opportunities [8]. The latter authors also recommended that home gardens should be included in the learning experience of pupils in primary schools, particularly in developing countries where access to physical classrooms are challenging. The importance of practical training was articulated by Agricultural Science teachers [9], and in other academic fields such as Veterinary Science [10]. Before prospective teachers begin their teaching careers at primary schools their competence must include adequate demonstration skills which they should acquire from their practical and pedagogical training ([11], [12]).

This paper analyzes the perspectives and reflections of prospective teachers to home-based agriculture training at UTT during a pandemic. These practical pedagogies are partial fulfillment for a B.Ed. Primary Education on the tropical island of

Tobago. The article also highlights the potential for these home-based practical, and online instructions and assessments as future elements of a teacher training programme in a restrictive environment and or where logistics to classrooms are exigent.

2 MATERIALS AND METHODS

The research was conducted with a class of twenty-eight prospective teachers reading a 13-week agricultural course in the Bachelor of Primary Education Degree at The University of Trinidad and Tobago (UTT), Centre for Education Programmes (CEP), Tobago Campus. Data were collected pre and post course delivery. Tobago (300 km² or 120 ml²) is an island (Figure 1) located in the Caribbean and is the smaller of the twin-island state of the Republic of Trinidad and Tobago, and has a population of 60,874 [13]. Trinidad, the larger island is 5,131 km² (1,981 ml²) with a population of 1,406,531. Tobago is located 35 km (22 ml) northeast of Trinidad and about 160 km (99 ml) off the northeastern coast of Venezuela. It also lies to the southeast of Grenada.

The course was delivered during Semester I (September to December 2020). Due to the COVID-19 pandemic restrictions the course was shifted from a face to face mode to an online mode (synchronous and asynchronous). The major topics covered included:

- Field and Container Gardening (CG)
- Neo-tropical animals
- Teaching agriculture
- Agribusiness
- Agricultural technology

2.1 PRE-COURSE DATA COLLECTION

Information was collected via SurveyMonkey survey consisting of 21 questions (Appendix 1). Three (3) open ended questions were included, each asking the respondent to list three (3) responses to the question. Data was gathered beginning one week before and ending two days prior to the first online class.

2.2 POST-COURSE DATA COLLECTION

At the end of the final online session the students were asked to reflect on the following.

- What were your course experiences and impressions of the course during the semester?
- How do you plan to include any ONE of the concepts learnt in your teaching?



Fig. 1. Map of the Republic of Trinidad Tobago

2.3 COURSE ADAPTATIONS FOR ONLINE DELIVERY DURING THE PANDEMIC'S RESTRICTIONS

Three major modifications were necessary before the course was delivered virtually.

- The course's practical components are usually conducted on the campuses. These elements included field and container gardening (CG). The COVID-19 restriction protocols imposed in The Republic of Trinidad and Tobago prohibited entry to and gatherings at all learning institutions. Therefore, students were instructed to cultivate their crops at home (home-based gardening) focusing exclusively on CG. Another reason for this approach is the feedback that some students did not have access to enough earthen areas at their residence for the necessary field crop cultivation.

Prospective teachers were instructed to conduct the following home-based gardening activities:

1. select and prepare containers for planting
2. fill the containers with prepared soil
3. transplant the selected seedlings or sow seeds
 - ✓ a leaf crop – lettuce (*Lactuca sativa*) or pak-choi (*Brasica rapa*)
 - ✓ a fruit crop – ochros (*Abelmoschus esculentus*)
 - ✓ a root crop – radish (*Raphanus sativus*) or beetroot (*Beta vulgaris*)
4. place the containers in a location where the plants would receive adequate sunlight

- The assessment for the CG was via the University's Canvas platform. Students were required to take photographs of the establishment phase, and thereafter at weekly intervals until harvest [1]. Their results were entered on preformatted reports and uploaded to the Canvas platform for assessment and feedback. A reference, preferably a meter rule, was included in the pictures to allow for identification of any plant changes such as growth, signs of pest and diseases, discolorations, and nutrient deficiencies. Marks were posted weekly along with feedback and appropriate guidance for crop performance.
- The livestock production component is usually assessed via an exhibition where candidates replicate the habitat of chosen Neo-tropical animals with the aim to educate primary school pupils about their indigenous fauna. The term Neo-tropical animals was coined at the VIII International Congress on the Management of Wildlife in Amazonia and Latin America (September, 2008, Acre, Brazil), it was suggested that the term "Neo-tropical Animals" be used for indigenous animal from the Neo-tropics (Central and South America, and the Caribbean) to ensure that these animals were differentiated from wild animals in other regions of the world [14]. The new assessment required students to develop a virtual nature corner of their chosen Neo-tropical animal suitable for the primary schools. These projects were virtually presented as oral assessments.

2.4 DATA ANALYSIS

The qualitative analysis was conducted via SurveyMonkey. In-vivo Coding was used to analyze the open-ended questions and reflections.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 PRE-COURSE DATA

Table 1 displays the residency of the respondents in the two electoral districts in Tobago by percentages. Figure 2 shows how the island of Tobago is divided into the electoral districts.

Table 1. Percentage residency of students in the two electoral districts of Tobago

Electoral District	Percentage
Tobago East	66.7
Tobago West	33.3



Fig. 2. Electoral districts in Tobago

Most students (95.2%) completing the survey were females. Literature shows that 59.5 percent of college students in the United States were women in spring 2021 [15]. The University of Florida has a total undergraduate enrollment of 34,931 (fall 2020), with a gender distribution of 43% male students and 57% female students [16]. At The University of the West Indies, St Augustine Campus, Republic of Trinidad and Tobago during the academic years 2015/2016 – 2019/2020 the population comprised 38.15% (6,497) male students versus 61.95% (10,550) female students [17]. Similar trends were observed in higher education institutions in the United Kingdom [18]. Reference [19] stated that 42.5% of university students were male and 57.3% were female. In another study conducted at a state university in Turkey the sampling revealed that 74.07% of the students were female and 25.93% were male [20]. This Global phenomenon at the tertiary level is even more pronounced in education programmes particularly where prospective teachers are trained for the primary schools, this being reflected at the island's Campus. Respondents who did agriculture at the primary and secondary levels were 81% and 52% respectively. These students were offered the subject at various class levels (Table 2).

Table 2. Classes where students were offered agriculture

Class	Percentage
Infants	33.3
Junior Primary (Standards, 1-3)	81
Upper Primary (Standards, 4-5)	42.9
CSEC (Forms 1-3)	61
CSEC (Forms 4-5)	33.3
CAPE	0
ECIAF certificate	0

These results suggest that agriculture is viewed as a second interest subject, particularly at the primary level, where it is not tested in the Secondary Entrance Assessment (SEA) for secondary school placements [1]. Therefore, the traditional Mathematics and Language Arts take precedence, especially at standards 4 and 5 where preparations for SEA are the focus.

Crops were the most familiar area of agriculture to the survey target group (Table 3). Children 4 to 10 years were better able to name animals than plants [21]. However, this may change with age as life experiences increase their awareness of the vegetative environment. Therefore, the responses of the student teachers were possibly reflections of their environmental experience. Participants (69.9%) also indicated their inefficient understanding of the crop sector (Table 4) and 46% (Table 5) stated they would ask questions about crops to increase their knowledge. The high interest in crops would be influenced by the primary and secondary schools where practical agricultural exercises center on plants rather than animals. Crop interest included sowing seeds, pest and disease control, fertilizer and manure application and effects, irrigation, harvesting and container gardens.

Apart from aquaculture no knowledge of animals was indicated. This fish specificity may be a result of living on the island of Tobago (300km²), where relationships between sea water, live fishes, harvested fishes, and fish consumption are daily occurrences for many natives to the sunshine paradise. There may be a lack of interest in animals among the surveyed group as only 2% (Table 5) listed questions on animal production. Although some primary schools in Tobago have animals, most school farms/gardens activities focus on crops. Students also expressed that the business of agriculture was important to them, indicated by their interest in knowing about agriculture economics (Table 5). Technology enquiries were mainly direct to reducing labour/workload in agriculture through the application of technologies.

Table 3. areas students knew about agriculture

Areas students knew about agriculture	Percentage
Aquaculture	1.89
Economics	7.55
Crops	54.72
Forestry	1.89
Provide food	3.77
Provide products	1.89
Provide employment	1.89

Table 4. List of things students wanted to know about agriculture

Things students listed they need to know about agriculture	Percentage
Crop production	69.90
Soils	6.35
Economics	11.11
Climate change	1.59
Processing	1.59
Food security	1.59
Rearing animals	11.11
Fisheries	3.17
Motivation for agriculture	1.59

Table 5. Students' responses to questions they would ask about agriculture

Category	Percentage
Soil related	6
Agriculture education	14
Agriculture economics	22
Agriculture sustainability	2
Technology in agriculture	8
Crop production	46
Animal production	2

Approximately nine tenths (90.5%) of the respondents thought that CG was a viable option for teaching practical agriculture during the Pandemic' restriction periods. During these periods (2020 - 2021) teaching institutions were challenged to complete courses. There were further struggles to accomplish practical components and innovative approaches were necessary [22], particularly for subjects such as agriculture. Therefore, the procedure to combine the home-base practical, and the online assessment and feedback may be an adequate alternative to Campus-based agriculture practical during a Pandemic or other situations where environmental restrictions on movement are imposed.

When asked to rate (0-5, 5 being the highest) their confidence level for using CG, 90.5% of the students indicated levels between 3 and 5. Reference [23] reported that CG was used by children (grades 1–6) to produce vegetables ultimately increased their consumption of these glow foods. Therefore, the Tobago prospective students may have recognized the importance of CG as a resource-saving method for agriculture educational-strategies in the primary schools on the island and would share this to their pupils as practicing teachers.

Over 50% of the student teachers were able to identify four of the five indigenous wildlife species listed (Figure 3), namely agouti (*Dasyprocta leporina*), Scarlet Ibis (*Eudocimus ruber*), Red brocket deer (*Mazama americana*), blue crab (*Cardisoma guanhumi*), the cocrico (*Ortalis ruficauda*).

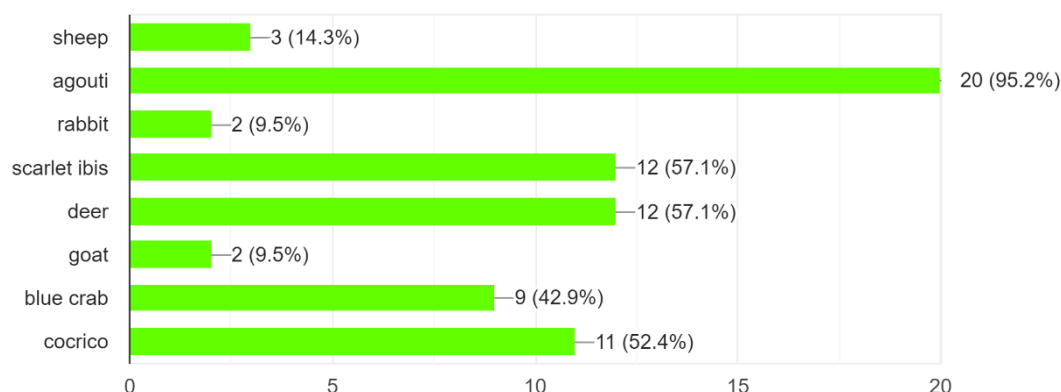


Fig. 3. Identification of indigenous wildlife

Two hundred and fifteen pre-service primary teachers in Portugal and Spain more accurately identified indigenous animals in photographs from the African Savannah than those from the Iberian Peninsula [24]. These authors concluded that it was important to promote an environmentalist approach to local fauna to improve the regional biodiversity. Unfortunately, there is evidence that the exposure of children within schools to 'real' animals has been declining for many years [25]. Earlier studies by [26] and [27] showed that students did poorly at identifying the indigenous fauna of Brazil. In Switzerland six graders correctly identified 51.2 % of the native animals [28], and similar trends were reported by [29]. The literature would suggest that the Tobago Prospective Teachers have acquired a fair knowledge of their indigenous wildlife during earlier schooling and life experiences. This places them in a progressive position for further learning with local fauna through the agricultural teacher training at UTT. Such an approach may fill any gaps in their knowledge of native animals. UTT has changed the teacher training agricultural courses to include the uses of indigenous wildlife and its integration in the primary schools.

Interest in animals increased with age up to 9 in the UK [30], and up to 14 years in Germany [31], decreasing subsequently. The island's primary schools' prospective teachers possibly had some exposure to Tobago's fauna. In addition, literature shows that in West Africa the inclusion of western education into their Early Childhood Education generated a fragile gap between the generation's indigenous knowledge and the western education. To strengthen the bridge, it was recommended such western curricula must be developed with the participation of indigenous knowledge for Early Childhood Teacher Training. The authors included indigenous animal exposure in their descriptions of indigenous knowledge [32]. Further, 90.5% of the candidates surveyed indicated that indigenous wildlife should be included in Agriculture Science at the primary schools. Therefore, this important learning experience will position the Tobago prospective teachers to transfer key skills to future contributors for the tropical paradise's sustainability and self-sufficient growth.

Conventional and didactic filmmakers focus more on amazing exotic animals and their endangered environments [33]. Therefore, children's learning experiences for wildlife does not home in on their indigenous species. Over ninety percent (90.5%) of the surveyed student teachers enumerated that indigenous wildlife should be used as teaching resources for other subjects at the primary schools. Thus, highlighting the urgency of the lack of learning in this area and the hunger for indigenous knowledge. Reference [34] also indicated that indigenous knowledge provides a valuable resource for sustainable development.

Students were asked to select which benefits, other than academic, they thought would be derived from having indigenous wildlife at the primary school, Figure 4 lists these results.



Fig. 4. Academic benefits of indigenous wildlife in the primary schools

Over 55% of the respondents listed both economics and entrepreneurship as benefits of having indigenous animals as resources in primary schools. While 46.7% indicated the development of life-skills, 57.1% cultural appreciation and 28.6% other social gains. Reference [35] listed numerous socio-economic benefits including cultural and spiritual, social, economic, environmental and capacity building benefits of indigenous wildlife engagement in Aboriginal communities in Australia.

3.2 POST-COURSE DATA

It was observed that 78.57% of the prospective teachers indicated that CG impressed them most and contributed to their overall course experience. While 57.14% stated that the approach to the course changed their attitude towards agriculture and their thought processes were more positive about the subject. Over 46% of the students decided that Neo-tropical animals should be included in the primary school curriculum (Table 6). Nevertheless, crops were favoured over livestock. Self-sufficiency in animal protein is an integral part of a nation's nutritional programme ([36], [37]). It is important to ensure necessary training at all levels, including the preparation of pre-service teachers to deliver the agricultural practical and theoretical content to the primary schools, therefore providing the learning experiences which may influence further agricultural professionals (farmers, processors, educators, policy makers etc.). The disparity between favouring crops over animals identified in the pre and post course data collections may be equated by integrating the Neo-tropical animal component in the CG element.

Table 6. Reflection of prospective teachers' course experiences and impressions during the semester

Responses	Percentage
Only did agricultural theory	7.14
Initially intimidated about AGSC3018 practical & online	21.43
Container Garden	78.57
1 st impression of AGSC3018 was challenging	17.86
Became routine after 2-3 weeks	7.14
Business aspect of farming	28.57
Attitudes toward agriculture changed	57.14
Thematic approach interesting	32.14
Neo-tropical animals included in curriculum	46.43
Recycling	3.57
Affective objective of this course was met	3.57
Started home garden	3.57
Group work	7.14
Demonstration lessons	14.29

Course participants also revealed they found the practical work challenging at first (17.28%) but it became routine after 2 to 3 weeks (7.14%). Although the upload of the Preformatted Reports proved an adequate method of assessment for the CG

practical, there is room for improving the combination of the individual home-based practical aspect of agriculture and online assessments. Therefore, more research in these areas are necessary. Authors of references [38] indicated that technology can offer innovation and significant integration for education. Digital Assessment (DA) for these practical reports should be such a pioneering assessment. However, connections of practical instructions, student participation and a DA platform/app are subjects for further research. Such development would allow university courses with heavy practical components to be delivered online and assessed via the technological platforms/apps.

Practical courses/activities are important at the university level [39], and at the societal level. They lead to the drafting and implementation of policies that can help the development of agriculture and enthusiasm for healthy and sustainable environments, and food security [40]. Practical activities stimulate students' interest in the teaching-learning procedure and are therefore vital pedagogical instruments in education, particularly for science and practical-based courses [41]. The need for blending/integrating theoretical and practical knowledge were also emphasized by other authors [6]. These synergies must be designed and implemented in the shortest possible time frame for agriculture education in B.Ed. programmes to continue unabated through the occurrences which challenge face-to-face teaching and learning. Such instances may increase the efforts for online learning. However, the question is "Can the delivery of practical-based agriculture teacher-education courses be more economical/feasible and learner fulfilling than the equivalent in face-to-face mode?". More research is needed in this area and the development of accompanying technologies.

Seventy-five percent of the respondents stated that as educators they would use CG in their teaching (Table 7). In the Pre-course Survey 90.5% of the candidates thought the CG was a viable option for teaching the practical aspect of crop cultivation during the COVID-19 pandemic's restrictions. This philosophy may also apply to other situations where face-to-face teaching and learning is difficult and the virtual classroom is a viable option. Seventy-five percent of the respondents were willing to include CG in their teaching. Therefore, CG should be the focus point for inclusion of other important areas of the agricultural teacher training such as Farm Business and Neo-tropical animals. In the pre-course data collection students indicated that knowledge of fauna and flora are important aspects of agricultural education for the preparation of teachers.

As students' need for integrating the CG into the curriculum increased, so did their desire for integrating Neo-tropical animals into the curriculum (<0.05). In the pre-course data collection 78.57% of the prospective teachers indicated that the CG element of the course impressed them the most and 46% of the students decided that Neo-tropical animals should be included in the primary school curriculum. It has been found that the European approach to organizing vocational training of future agricultural specialists is a multi-aspect and strives to fulfill educational needs of the majority of learners, namely, through practical agricultural training, basic agricultural training and full-time agricultural training [42]. The dissatisfaction amongst preservice teachers with the way agricultural courses were taught was described by previous authors [43]. Major contentions were courses' content quality, quantity, and transferability. They recommended developing assignments that promote the students' understanding of the content delivered.

Table 7. Concepts prospective teachers chose to include in their teaching

Responses	Percentage
Student to use Container Gardening	75
Business of farming	7.14
Thematic method in teaching to integrate curriculum	35.71
Teach importance of recycling through CG	3.57
Use agriculture to encourage healthy lifestyle in students	7.14
Demonstration lesson	10.71
Use Neo-tropical animals	7.14
Also encourage students to plant at home	32.14

4 CONCLUSION

The University of Trinidad and Tobago (UTT) container garden approach was successfully used for continuity of agricultural practical training during the pandemic for the institution's prospective teachers in the Republic of Trinidad and Tobago. This will assist in minimizing the disruption of garden activities and the delivery of vital concepts through hands-on involvement where restrictions are imposed on face-to-face teaching and learning.

REFERENCES

- [1] W. Mollineau, G. Simonette, & I. Hewitt-Bradshaw, «School gardens in the Republic of Trinidad and Tobago: potential and possibilities,» *International Journal of Innovation Scientific Research and Review*, vol. 3, no. 6, pp. 1385-1389, 2021. <http://www.journalijr.com>
- [2] D. Hanuscin & L. Zangori, «Developing Practical Knowledge of the Next Generation Science Standards in Elementary Science Teacher Education,» *Journal of Science Teacher Education*, vol. 27, no. 8, pp. 799–818, 2016. <https://doi-org.research.library.u.tt/10.1007/s10972-016-9489-9>.
- [3] R. Plešec Gasparič & M. Pečar, «Analysis of an asynchronous online discussion as a supportive model for peer collaboration and reflection in teacher education,» *Journal of Information Technology Education: Research*, vol. 15, pp. 377-401, 2016. <http://www.informingscience.org/Publications/3538>.
- [4] C. Retzlaff-Fürst, «Biology Education & Health Education: A School Garden as a Location of Learning & Well-Being,» *Universal Journal of Educational Research*, vol. 4, no. 8, pp. 1848–1857, 2016.
- [5] K. S. Wissiak Grm & V. F. Savec, «The Self-Evaluation of Slovenian Prospective Chemistry Teachers' Progress during Their Practical Pedagogical Training in Primary Schools,» *Acta Chimica Slovenica*, vil. 61, no. 4, pp. 729–739, 2014.
- [6] T. Gál, P. Popovics & G. Árváné Ványi, «Learning Motivations, Styles and Expectations of Students – a Survey at the University of Debrecen,» *Applied Studies in Agribusiness and Commerce*, vol. 12, no. 1–2, pp. 41-46, 2018. <https://doi-org.research.library.u.tt/10.19041/APSTRACT/2018/1-2/6>.
- [7] A. H. Rice & T. Kitchel, «Teachers' Beliefs about the Purpose of Agricultural Education and its Influence on their Pedagogical Content Knowledge,» *Journal of Agricultural Education*, vol. 58, no. 2, 198-213, 2017. <https://doi-org.research.library.u.tt/10.5032/jae.2017.02198>.
- [8] J. J. Okiror, B. F. Matsiko & J. Oonyu, «Just How Much Can School Pupils Learn from School Gardening? A Study of Two Supervised Agricultural Experience Approaches in Uganda,» *Journal of Agricultural Education*, vol. 52, no. 2, pp. 24–35, 2011.
- [9] Henrico County Public Schools, G. A. V. V. C. and R. C. Agriscience Education for the Middle School. Instructional Units. Grade 7: Agriscience Exploration, 1996.
- [10] L. Guinnefollau, E. K. Gee, C. F. Bolwell, E. J. Norman & C. W. Rogers, «Benefits of Animal Exposure on Veterinary Students' Understanding of Equine Behaviour and Self-Assessed Equine Handling Skills,» *Animals*, vol. 9, no. 9, 620, 2019. <https://doi-org.research.library.u.tt/10.3390/ani9090620>.
- [11] A. Saiz Linares, T. Susinos Rada & N. Ceballos López, «Teacher Training for Inclusive Education- An Experience from the University of Cantabria,» *Journal of Research in Special Educational Needs*, vol. 16, no. 1, pp. 1010-1013, 2016.
- [12] C. U. Jambrina, J. M. Vacas & M. Sánchez-Barbudo, «Preservice teachers' conceptions about animals and particularly about spiders,» *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, vol. 8, no. 2, pp. 787–814, 2010.
- [13] <https://worldpopulationreview.com/countries/trinidad-and-tobago-population>.
- [14] <http://comfauna.org/miembros/>.
- [15] Erudera College Newsews (2021). https://www.pedocs.de/volltexte/2019/18137/pdf/cepsj_2019_3_Bosco_Santiveri_Tescon Erudera College News - https://collegenews.org/women-outnumber-men-in-us-colleges-nearly-60-of-students-in-2020-21-were-women/#:~:text=Data%20show%20that%2059.5%20percent,men%20decreasing%20by%2071%20percent%20Digital_making.pdf
- [16] U.S. News & World Report 2022. <https://www.usnews.com/best-colleges/university-of-florida-1535#:~:text=Student%20Life%20at%20University%20of,students%20and%2057%25%20female%20students>.
- [17] UWI St. Augustine Campus. 2020. The University of The West Indies, St. Augustine Campus, Student, Statistical Digest 2015/2016 to 2019/2020. https://sta.uwi.edu/resources/documents/statistics/Student_Statistics_15_16-19_20.pdf Prepared by the Campus Office of Planning and Institutional Research.
- [18] SOAS University of London, *Equality, Diversity and Inclusion Annual Report 2019-2020*, SOAS University of London, 2020 <https://www.soas.ac.uk/equalitydiversity/reports/file149109.pdf>
- [19] Stolk, J. D., & Zastavker, Y. V., & Gross, M. D. (2018, June), *Gender, Motivation, and Pedagogy in the STEM Classroom: A Quantitative Characterization* Paper presented at 2018 ASEE Annual Conference & Exposition, Salt Lake City, Utah. 10.18260/1-2--30556.
- [20] Pektas, M. & Çiçek Sentürk, Ö. 2020. Analysis of Prospective Teachers' Environmental Identities in Terms of Some Variables. *International Electronic Journal of Environmental Education*, v10 n2 p181-194 2020.
- [21] P. Patrick & S. D. Tunnicliffe, «What plants and animals do early childhood and primary students' name?, Where do they see them?,» *Journal of Science Education and Technology*, vol. 20, no. 5, pp. 630-642, 2011.
- [22] P. Moyi, «Out of Classroom Learning: A Brief Look at Kenya's COVID-19 Education Response Plan,» *ISEA*, vol. 48, no. 3, pp. 59-65, 2020.

- [23] L. Triador, A. Farmer, K. Maximova, N. Willows & J. Kootenay, «A School Gardening and Healthy Snack Program Increased Aboriginal First Nations Children's Preferences Toward Vegetables and Fruit,» *Journal of Nutrition Education and Behavior*, vol. 47, no. 2, pp. 176-180, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2014.09.002>
- [24] A. Almeida, B. G. Fernández & O. Stretch-Ribeiro, «Primary School Children and Pre-Service Teachers' Knowledge of Iberian Native and African Savannah Mammals,» *Journal of Baltic Science Education*, vol. 18, no. 6, pp. 833–847, 2019.
- [25] M. J. Reiss & N. J. Beaney, «The use of living organisms in secondary school science,» *Journal of Biological Education*, vol. 26, no. 1, pp. 63-66, 1992.
- [26] M. Bizerril & T. Andrade, «Knowledge of the urban population about fauna: Comparison between Brazilian and exotic animals,» *Ciência e Cultura: Journal of The Brazilian Association for the Advancement of Science*, vol. 51, no. 1, pp. 38-41, 1999.
- [27] M. Bizerril, «Children's perceptions of Brazilian Cerrado landscapes and biodiversity,» *The Journal of Environmental Education*, vol. 35, no. 4, pp. 47-58, 2004. <https://doi.org/10.3200/JOEE.35.4.47-58>.
- [28] J. Kühnis & D. Fahrni, «Forgotten Nature? Experiences with and Knowledge of Nature among Schoolchildren: A Pilot Study in Central Switzerland» *Journal of Elementary Education / Revija Za Elementarno Izobraževanje*, vol.14, no. 1, pp. 1–12, 2021. <https://doi.org/10.18690/rei.14.1.1-10.2021>.
- [29] E. Yli-Panula & E. Matikainen, «Students and student teachers ability to name animals in ecosystems: A perspective of animal knowledge and biodiversity,» *Journal of Baltic Science Education*, vol. 13, No. 4, pp. 559-572, 2014.
- [30] M. Huxham, A. Welsh, A. Berry & S. Templeton, «Factors influencing primary school children's knowledge of wildlife» vol. 41, no. 1, pp. 9-12. 2006. <https://doi.org/10.1080/00219266.2006.9656050>.
- [31] C. Randler, «Pupils' factual knowledge about vertebrate species,» *Journal of Baltic Science Education*, vol. 7, no. 1, pp. 48-54, 2008.
- [32] C. C. Ukala & O. G. Agabi, «Linking Early Childhood Education with Indigenous Education Using Gamification: The Case of Maintaining Cultural Value and Identity,» *Journal of International Education Research*, vol. 13, no. 1, pp. 17–26, 2017.
- [33] M. Braund, «Trends in children's concepts of vertebrate and invertebrate,» *Journal of Biological Education*, vol. 32, no. 2, pp. 112-118, 1998.
- [34] O. P. Mishra, A. K. Singh & S. Kumar, «Indigenous knowledge of Bihar farmers,» *Journal of Community Mobilization and Sustainable Development*, vol. 6, no. 1, pp. 46-49, 2011.
- [35] J. Hunt, J. Altman & K. May, *Social benefits of Aboriginal engagement in natural resource management*, Canberra, ACT: Centre for Aboriginal Economic Policy Research (CAEPR), The Australian National University, 2018.
- [36] B. Ghose, «Food security and food self-sufficiency in China: from past to 2050,» *Food and Energy Security*, vol. 3, no. 2, pp. 86-95, 2014.
- [37] M. T. Sraïri, M. T. Benyoucef & K. Kraiem, «The dairy chains in North Africa (Algeria, Morocco and Tunisia): from self sufficiency options to food dependency?,» *SpringerPlus*, vol. 2, no. 1, pp. 1-13, 2013.
- [38] A. Bosco, N. Santiveri & S. Tesconi, «Digital Making in Educational Projects,» *C.E.P.S. Journal*, vol. 9, no. 3, pp. 51-73, 2019.
- [39] J. Huang & W. Wu, «Rethinking of Teaching Reform of Land Resource Management Discipline in Local Normal Colleges and Universities under the New Situation,» *Asian Agricultural Research*, vol. 12, no.2, pp. 65–70, 2020. <https://doi-org.research.library.u.tt/10.19601/j.cnki.issn1943-9903.2020.02.016>
- [40] A. Abbas, H. A. H. Al Qaes, & M. D. El-Jubouri, «The Importance of Agriculture's Extension in the Arab Republic of Iraq,» *Scientific Papers: Management, Economic Engineering in Agriculture & Rural Development*, vol. 16, no. 4, pp. 9–17, 2016.
- [41] T. P. A. Costa, C. S. M. Nogueira & A. F. Cruz, «As atividades práticas no ensino de ciências: limites e possibilidades sobre o uso desse recurso didático no processo de ensino-aprendizagem,» *Revista Macambira*, vol. 4, no. 2, 2020. <https://doi.org/10.35642/rm.v4i2.501>
- [42] V. Barbinov, «Vocational Training of Future Agricultural Specialists: European Experience,» *Comparative Professional Pedagogy*, vol. 8, no. 2, pp. 160–165, 2018. <https://doi-org.research.library.u.tt/10.2478/rpp-2018-0034>.
- [43] A. H. Rice & T. Kitchel, «Preservice Agricultural Education Teachers' Experiences in and Anticipation of Content Knowledge Preparation,» *Journal of Agricultural Education*, vol. 56, no. 3, pp. 90-104, 2015.

APPENDIX 1

Dear Students Welcome to our course AGSC3018 Agriculture in the Primary Schools Tobago class. We would like you to fill this form out for us so we can understand your present knowledge of Agriculture.

1. **Enter your UTT Student's ID #**
2. **In which of the Electoral Districts do you live?** East West
3. **Gender** Female / Male
4. **Religion** Christianity / Hinduism / Islam / Judaism / Rastafarianism / Other
5. **The primary school I attended was located in the Electoral District of:**
6. **Did you do Agriculture at the primary school?** Yes / No
7. **What classes offered agriculture?** Infant Class / Junior (Std. 1-3) / Upper (Std. 4-5)
8. **The secondary school I attended was located in the Electoral District of:**
9. **Did you do agriculture in secondary school or another institute?** Yes / No
10. **At what level was this done (you can select more than one)**
 Lower Secondary level (forms 1-3)
 NEC Level (Forms 4-5 craft level) 2
 CSEC level (Forms 4-5 CXC O' level)
 Cape
 ECIAF certificate
 Other: _____
11. **Are your parents involved in agriculture?** Yes / No
12. **If yes to 10, which of these**
 Vendor / Farmer / Processor / Agri Education
 Other, please specify _____
13. **List 3 areas you know about Agriculture**
14. **LIST 3 things you need to know about agriculture**
15. **LIST 3 questions you need answered about agriculture**
16. **Do you think that Container Gardening (growing plants in pots at home) is a viable option for teaching practical agriculture during the Pandemic's restrictions?**
 Yes / No
17. **Rate your confidence for using Container Gardening as suggested in previous question (16.).**
 0 1 2 3 4 5
18. **Can you select the indigenous wildlife from the list below: (you can select more than one answer)**
 Sheep / Agouti / Rabbit / Scarlet Ibis / Deer /Goat
19. **Do you think indigenous wildlife should be included in Agricultural Science at the primary school level?**
 Yes / No

20. Do you think indigenous wildlife would be used as teaching resources for other subjects at the primary school level?

Yes / No

21. Apart from the academic benefits of involving indigenous wildlife at the primary school level select any other benefits you think appropriate from the list below.

Live Skills
Entrepreneurship
Social-Cultural
Economic

Other: _____



Selección de una DBaaS relacional mediante el análisis de sus principales características para un sistema de información

[Selection of a relational DBaaS by analyzing its main characteristics for an information system]

Elizabeth Sola Lira, Juan Ramos Ramos, María Janáí Sánchez Hernández, José Juan Hernández Mora, and Higinio Nava Bautista

Maestría en Sistemas Computacionales, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Apizaco, Apizaco, Tlaxcala, Mexico

Copyright © 2023 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 work, the evaluation of the criteria, components or characteristics offered by the three main DBaaS providers in the cloud was carried out: *Google Cloud Platform (GCP)*, *Microsoft Azure* and *Amazon Web Services (AWS)*, in relation to the offer of Database as a service (DBaaS) for PostgreSQL, in order to determine which is the best DBaaS option for an information system with a database in the cloud; An information system with DBaaS is developed as a case study to support the research, where the use of a methodology based on research and technological development is proposed. The DBaaS criteria, components, or features that were evaluated were availability, security, capacity, quick elasticity, performance, support, and cost. It is concluded that Azure DBaaS for PostgreSQL through a flexible server is the most appropriate DBaaS provider for the case study developed.

KEYWORDS: Dbaas, PostgreSQL, cloud computing, cloud providers, technological development.

1 INTRODUCCIÓN

El cómputo en la nube pone a disponibilidad diversos servicios informáticos a través de internet que se pueden contratar con un proveedor de servicios de la nube, de esta manera se evita que los usuarios u organizaciones compren y mantengan la infraestructura y el servicio por su cuenta. El servicio de base de datos como servicio (DBaaS) es un modelo de implementación de bases de datos en la nube, se contrata mediante una suscripción y el proveedor ofrece diferentes tareas operativas, de mantenimiento, administrativas y de gestión en tiempo real [1].

Actualmente las DBaaS son una solución moderna que las organizaciones van adoptando, en los años 2019 y 2020 se presentó un incremento del 5% en la adopción de DBaaS [2]. Dado que este tipo de soluciones tecnológicas va en aumento, existen diferentes proveedores de servicios en la nube con características atractivas como la modalidad pago por uso, mantenimiento a cargo del proveedor, rápido aprovisionamiento, seguridad, escalabilidad, rendimiento y disponibilidad, solo por mencionar algunas. En consecuencia, la elección del proveedor se vuelve algo complejo. Existen siete proveedores que más han atraído a las pequeñas o medianas empresas (PyMEs) y en los tres primeros lugares figuran Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure y Google Cloud Platform (GCP) [3].

En este trabajo de investigación se usan los criterios, componentes o características que deben ser considerados para la adecuada selección de una DBaaS para PostgreSQL, posteriormente, se obtiene información de cada uno con base a lo que ofrece AWS, Microsoft Azure y GCP, con la finalidad de identificar la DBaaS relacional para PostgreSQL adecuada para un sistema de información.

2 METODOLOGÍA

Para el caso de estudio de esta investigación se desarrolló un sistema de información, en el cual se implementa la base de datos como un DBaaS, donde se propone el uso de una metodología en investigación y desarrollo tecnológico [4], la cual se exhibe en la Figura 1, donde se muestran las fases de planteamiento del estudio, marco teórico y estado del arte, definición de las preguntas de investigación, elaboración de la metodología de trabajo, fase de desarrollo del proyecto de intervención, la cual se divide en dos etapas: la administración del proyecto apoyada con Scrum y Kanban, y la de desarrollo del sistema de información; haciendo uso del modelo de desarrollo incremental. Por último, se considera la fase de evaluación.

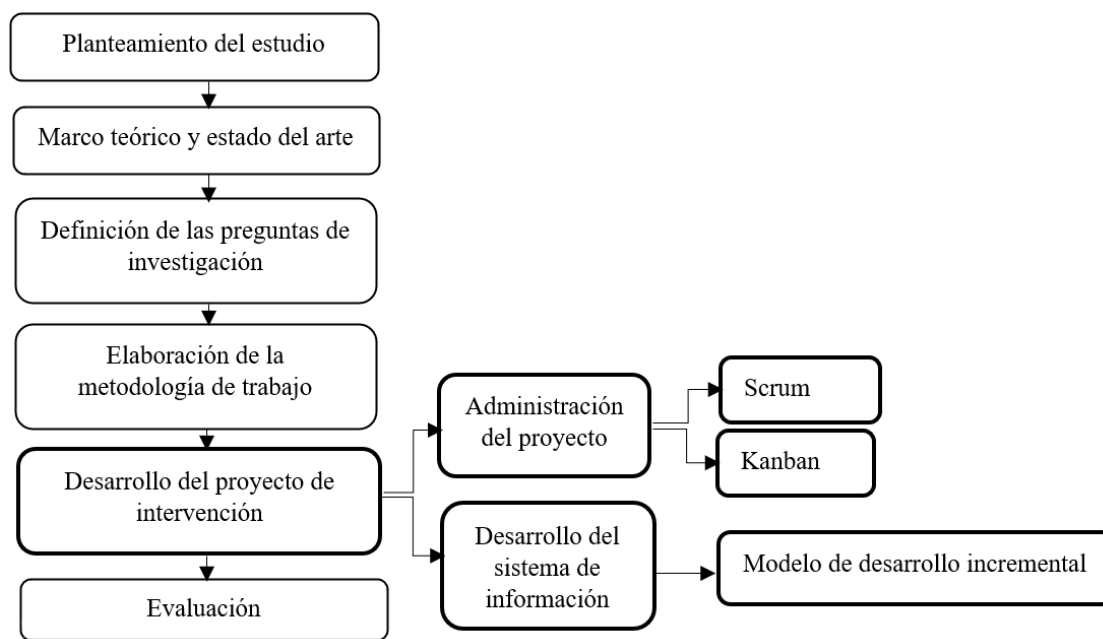


Fig. 1. Metodología de investigación y desarrollo tecnológico

3 ANÁLISIS DE LOS CRITERIOS, COMPONENTES O CARACTERÍSTICAS DE LAS DBAAS RELACIONALES

Los criterios, componentes o características que se deben considerar para la adopción de DBaaS son la disponibilidad, seguridad, capacidad, elasticidad rápida, rendimiento, cargas de trabajo, soporte, costos y SLA (acuerdo de nivel de servicio) [5]. Sin embargo, para este trabajo de investigación en su primera etapa se consideran todas las características anteriormente mencionadas a excepción de cargas de trabajo y SLA, pero no significa que estas dos últimas sean menos importantes.

Es decir, la carga de trabajo no se consideró ya que se está haciendo uso de cuentas de acceso gratuito de GCP y de Microsoft Azure, esto para evitar sobrepasar el límite de los créditos otorgados y así impedir cargos adicionales; en el caso de AWS se aprovisionaron los recursos mínimos necesarios para las pruebas de rendimiento, utilizando los servicios el menor tiempo posible, de lo contrario, se necesitarían recursos para planificar y simular una carga de trabajo; por lo que este tipo de pruebas se considerará en una segunda etapa de análisis.

Asimismo, el SLA no se considera, debido a que aún no se cuenta con un acuerdo específico entre el cliente y el posible proveedor. Además, estos tipos de documentos son extensos, requieren de tiempo para profundizar en los compromisos a nivel de servicio, por lo cual también se realizará en una segunda etapa.

A continuación, se muestran los criterios, componentes o características con información obtenida de los tres principales proveedores de DBaaS relacionales para PostgreSQL.

3.1 DISPONIBILIDAD

Las DBaaS deben permanecer funcionales todo el tiempo, la Tabla 1 muestra el porcentaje de disponibilidad mensual que cada proveedor ofrece.

Tabla 1. Porcentaje de disponibilidad mensual de las DBaaS relacionales

GCP	Azure	AWS
99,95%	999,95%	99,95%

3.2 SEGURIDAD

Los proveedores de DBaaS deben de proteger la información que esta alojada en su infraestructura, la Tabla 2 presenta los métodos de encriptación utilizados para los datos en reposo y en tránsito.

Tabla 2. Seguridad de datos en reposo y en tránsito

Datos	GCP	Azure	AWS
En reposo	AES-256	AES-256	AES-256
En tránsito	TLS	TLS	SSL/TLS

3.3 CAPACIDAD

Los proveedores ofrecen diferentes tipos de máquinas o instancias de DBaaS dependiendo de la carga de trabajo, con cantidades distintas en procesador virtual, memoria y almacenamiento.

A continuación, se describen los tipos de instancias de DBaaS para PostgreSQL de acuerdo con cada proveedor, GCP los define como tipos de máquinas, Microsoft Azure como nivel de cómputo y AWS como clase de instancia, aunque se refieren a lo mismo.

3.3.1 GOOGLE CLOUD PLATFORM

Este proveedor nos ofrece dos tipos de instancia de DBaaS de PostgreSQL:

- **Producción:** Optimizada para cargas de trabajo más críticas e importantes, con alta disponibilidad, potente y duradera
- **Desarrollo:** Tiene buen rendimiento, pero no garantiza cargas de trabajo críticas, reduce costos por aprovisionar menos capacidad de procesamiento y almacenamiento

Para cada uno de los dos tipos de instancia anteriormente mencionados se ofrecen los mismos tipos de máquinas y recursos que se describen en la Tabla 3 [6], para los cuatro tipos de maquina el almacenamiento se podrá elegir entre 10 GB y 65,536 GB.

Tabla 3. Máquinas virtuales para DBaaS PostgreSQL en GCP

Tipo de máquina	CPU y memoria GB
Núcleo compartido	1 CPU virtual con 0.614 GB de memoria ó 1 CPU virtual con 1.7 GB de memoria
Ligera	Mínimo: 1 CPU virtual con 3.75 GB de memoria.
Estándar	Máximo: 96 CPU virtuales y 624 GB de memoria.
Capacidad de memoria alta	Mínimo: 4 CPU virtuales con 26 GB de memoria. Máximo: 96 CPU virtuales y 624 GB de memoria.

3.3.2 MICROSOFT AZURE

Este proveedor ofrece dos formas de implementación de una instancia de PostgreSQL, al seleccionar Azure Database for PostgreSQL y la opción recomendada de un servidor flexible, nos ofrece tres tipos de carga de trabajo [7]:

- **Producción (tamaño pequeño o mediano):** Apto para bases de datos medianas o pequeñas, con disponibilidad y simultaneidad medios o bajos, el nivel de cómputo es de uso general
- **Producción (tamaño grande):** Apto para bases de datos grandes con disponibilidad y simultaneidad altos, el nivel de cómputo es de memoria optimizada
- **Desarrollo:** Apto para bases de datos pequeñas con pocos requisitos, el nivel de cómputo es flexible

En la Tabla 4 se describen los recursos con los que cuenta cada nivel de cómputo, para los tres niveles de cómputo el almacenamiento en GiB se podrá elegir entre 32, 64, 128, 256, 512 y en TiB se podrá elegir entre 1, 2, 4, 8, 16 y 32.

Tabla 4. Nivel de cómputo para DBaaS PostgreSQL en Microsoft Azure

Nivel de cómputo	vCPU y memoria GiB
Flexible	Mínimo: 1 vCPU con 2 de memoria Máximo: 20 vCPU con 40 de memoria.
Uso general	Mínimo: 2 vCPU con 8 de memoria Máximo: 96 vCPU con 384 de memoria
Con optimización para memoria	Mínimo: 2 vCPU con 16 de memoria Máximo: 64 vCPU con 512 de memoria.

3.3.3 AMAZON WEB SERVICES

Este proveedor maneja tres plantillas dependiendo el uso que se le dará a la DBaaS [8]:

- **Producción:** Ofrece alta disponibilidad, rendimiento rápido y constante
- **Desarrollo y pruebas:** Para utilizar fuera de un entorno de producción
- **Capa gratuita:** Permite utilizar recursos limitados sin costo

Las plantillas de producción y desarrollo y pruebas ofrecen las mismas clases de instancias con los recursos de vCPU y memoria GiB que se describen en la Tabla 5.

Tabla 5. Clases de instancia para DBaaS PostgreSQL en AWS

Clase de instancia	vCPU y memoria GiB
Clases estándar	Mínimo: 2 vCPUs y 8 GiB Máximo: 128 vCPUs y 512 GiB
Clases optimizadas para memoria	Mínimo: 2 vCPUs y 16 GiB Máximo: 128 vCPUs y 1024 GiB
Clases con ráfagas	Mínimo: 2 vCPUs y 1 GiB Máximo: 8 vCPUs y 32 GiB

Existen cuatro tipos de almacenamiento para la plantilla de producción y desarrollo y pruebas en cualquier de las tres clases de instancia [9]. En la Tabla 6 se describe la cantidad mínima y máxima de almacenamiento dependiendo el tipo.

Tabla 6. Tipos de almacenamiento para DBaaS PostgreSQL en AWS

Tipo de almacenamiento	Almacenamiento GiB	
SSD de uso general (gp2)	Mínimo: 20 GiB	Máximo: 65.536 GiB
SSD de uso general (gp3)	Mínimo: 20 GiB	Máximo: 65.536 GiB
SSD de IOPS provisionadas (io1)	Mínimo: 100 GiB	Máximo: 65.536 GiB
Magnético	Mínimo: 5 GiB	Máximo: 3072 GiB

La plantilla de capa gratuita utiliza solo clases con ráfagas como clase de instancia. En la Tabla 7 se muestran los recursos de vCPU y memoria GiB de los que dispone y no se podrán aumentar ni disminuir.

Tabla 7. Clases de instancia para DBaaS en la capa gratuita de AWS

Clase de instancia	vCPU y memoria GiB
Clases con ráfagas	2 vCPUs y 1 GiB

Existen cuatro tipos de almacenamiento para la plantilla de capa gratuita en la única clase de instancia de la que dispone. En la Tabla 8 se describe la cantidad mínima y máxima de almacenamiento dependiendo el tipo.

Tabla 8. Tipos de almacenamiento para DBaaS PostgreSQL de capa gratuita en AWS

Tipo de almacenamiento	Almacenamiento GiB
SSD de uso general (gp2)	Mínimo: 20 GiB Máximo: 6114 GiB
SSD de uso general (gp3)	Mínimo: 20 GiB Máximo: 6114 GiB
SSD de IOPS provisionadas (io1)	Mínimo: 100 GiB Máximo: 6144 GiB
Magnético	Mínimo: 5 GiB Máximo: 3072 GiB

Cabe resaltar que la capa gratuita solo permite utilizar de forma gratuita las clases con ráfagas y 20 GB de almacenamiento SSD de uso general [10].

3.4 ELASTICIDAD RÁPIDA

Es la capacidad de las DBaaS para aumentar o disminuir recursos, de acuerdo con la carga de trabajo que recibe en un determinado momento. En la Tabla 9 se indica si la base de datos tiene la capacidad de crecer automáticamente el almacenamiento.

Tabla 9. Crecimiento automático de almacenamiento de las DBaaS

Concepto	GCP	Azure	AWS
Crecimiento automático de almacenamiento	Si	No	Si

3.5 RENDIMIENTO

Es la capacidad de procesar consultas de manera óptima y rápida. Para medir esta característica se aprovisionaron instancias de DBaaS para PostgreSQL y se eligieron para un caso de uso o carga de trabajo de desarrollo, el tipo de máquina para GCP fue estándar, para Azure de uso general (ya que no existe estándar) y en AWS la clase de instancia estándar, además, los recursos para las instancias de DBaaS fue de 2 vCPU, 8 GB en memoria y 32 GB en almacenamiento.

Se crearon diez consultas, dentro de un bloque de código PL/pgSQL se creó un ciclo for, después se colocó individualmente cada consulta para que se ejecutará cien veces y así extraer el tiempo ejecución total, posteriormente, se dividió el tiempo de ejecución total entre cien para obtener el tiempo de respuesta promedio en milisegundos.

Todas las consultas utilizaron la estructura SELECT, pero cada una contenía combinaciones con cláusulas diferentes (FROM, WHERE, SUM, JOIN, ORDER BY, DISTINCT, GROUP BY, HAVING, COUNT, MAX, MIN), las consultas involucraron el uso de una tabla con cien registros, una tabla con mil registros y otras tablas que tenían un número de registros menor.

Las consultas se ejecutaron desde la Shell de PostgreSQL local hacia las DBaaS. La Figura 2 muestra los resultados de la prueba de rendimiento. El eje Y muestra el tiempo de respuesta promedio en milisegundos, el eje X muestra números consecutivos del 1 al 10, los cuales se refieren a los identificadores asignados a cada consulta SQL ejecutada, abajo de cada identificador de la consulta SQL se puede ver una tabla de datos con el tiempo de respuesta promedio en milisegundos de la consulta ejecutada, los proveedores de DBaaS se identifican por color, el color rojo corresponde a GCP, el azul a Azure y el amarillo a AWS, la longitud de cada barra representa el tiempo de respuesta promedio en milisegundos, las barras más pequeñas indican que las consultas se procesaron de manera rápida y las mas largas indican que las consultas tomaron más

tiempo en procesarse. GCP proceso más rápido la primera, segunda, séptima y octava consulta, Azure proceso más rápido la tercera, cuarta, quinta, sexta, novena y décima consulta.

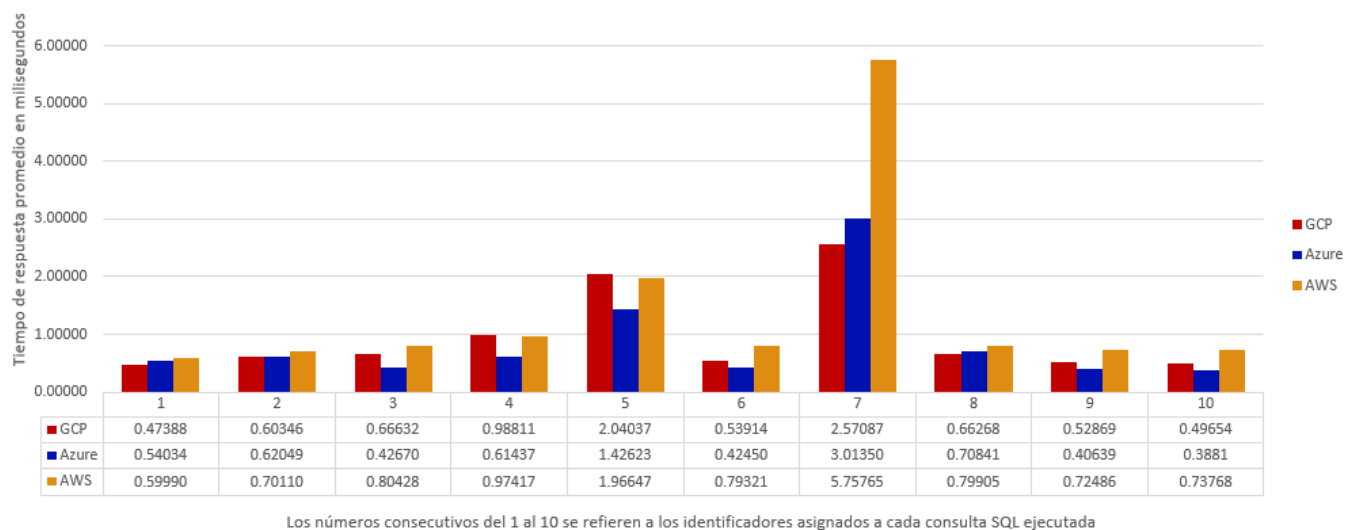


Fig. 2. Rendimiento de las DBaaS

3.6 SOPORTE TÉCNICO

Los proveedores de DBaaS ofrecen planes de asistencia técnica con la finalidad de apoyar y brindar conocimiento a los usuarios en el uso de sus servicios, sin embargo, se abarcará el soporte técnico con base al tiempo de respuestas cuando se presenta una falla, inconveniente o problema que afecta el funcionamiento del servicio.

3.6.1 GOOGLE CLOUD PLATFORM

Proporciona cuatro tipos de asistencia técnica. En la Tabla 10 se visualiza que la asistencia básica no maneja impacto ni tiempos de respuesta, la asistencia estándar, mejorada y premium manejan tiempos de respuesta máximos de ocho horas [11].

Tabla 10. Asistencia técnica de GCP

Asistencia técnica	P1 Impacto crítico	P2 Impacto alto	P3 Impacto medio	P4 Impacto bajo
Básica	X	X	X	X
Estándar	X	4 h	8 h	8 h
Mejorada	1 h	4 h	8 h	8 h
Premium	15 min.	2 h	4 h	8 h

3.6.2 MICROSOFT AZURE

Maneja seis tipos de soporte técnico que se muestran en la Tabla 11, el soporte básico no maneja tiempos de respuesta, se pueden ver tiempos de respuesta máximos de ocho horas en el soporte desarrollador y estándar [12].

Tabla 11. Soporte técnico de Microsoft Azure

Soporte técnico	Gravedad A	Gravedad B	Gravedad C
Básico	X	X	X
Desarrollador	X	X	8 h
Estándar	1 h	4 h	8 h
Professional Direct	1 h	2 h	4 h
Premier	1 h	2 h	4 h
Respuesta rápida de Azure	15 min.	2 h	4 h

3.6.3 AMAZON WEB SERVICES

Este proveedor brinda cinco opciones de soporte técnico que se muestran en la Tabla 12, el básico es gratuito sin tiempos de respuesta, todos los planes a excepción del plan básico ofrecen doce horas como tiempo de respuesta máxima cuando existe fallo en el sistema de producción [13].

Tabla 12. Soporte técnico de AWS

Soporte técnico	Asesoramiento general	Fallo en el sistema	Fallo en el sistema de producción	Sistema de producción inactivo	Sistema crítico para la empresa inactivo	Sistema de negocio o esencial para la empresa inactivo
Básico	X	X	X	X	X	X
Desarrollador	24 h	12 h	X	X	X	X
Negocio	24 h	12 h	4 h	1 h	X	X
Acceso empresarial	24 h	12 h	4 h	1 h	30 min.	X
Empresa	24 h	12 h	4 h	1 h	X	15 min.

3.7 COSTOS

Es importante evaluar el precio del aprovisionamiento de DBaaS, ya que influye en el presupuesto del cliente para la viabilidad del servicio a largo plazo. Para realizar la evaluación de este criterio, componente o característica se construyó un caso hipotético básico aprovisionando instancias de DBaaS PostgreSQL con los recursos que se muestran en la Tabla 13. Para realizar la estimación de costos se hizo uso de la calculadora de precios de Google Cloud [14], la calculadora de precios Azure [15] y la calculadora de precios de AWS [16].

Tabla 13. Evaluación de costos de las DBaaS

Proveedor	Zona	vCPUs	Memoria	Horas por mes	Almacenamiento SSD	Almacenamiento de respaldos	Costo mensual estimado
GCP	West Us	2	3.75 GB	192	30 GiB	10 GiB	USD 26.80
Azure	West Us	2	4 GiB	192	30 GiB	10 GiB	USD 21.99
AWS	West Us	2	4 GiB	192	30 GB	10 GB	USD 23.33

En suma, con lo observado, Azure destaca en disponibilidad, rendimiento y costos, por lo que se considera la mejor opción para el caso de estudio desarrollado.

4 CONCLUSIÓN

En este trabajo de investigación se han evaluado las DBaaS para PostgreSQL de los tres proveedores más importantes. Los resultados se organizan y se muestran con base a los criterios, componentes o características utilizados para la evaluación de las DBaaS:

- **Disponibilidad:** Azure tiene el porcentaje de disponibilidad más alto en el servicio de bases de datos relacionales, en comparación con GCP y AWS
- **Seguridad:** Los tres proveedores de DBaaS utilizan el método de cifrado AES-256 para encriptar y proteger de forma predeterminada los datos en reposo, este cifrado es de los más seguros que existen. Para proteger los datos en tránsito GCP, Azure y AWS brindan TLS para realizar conexiones de red cifradas entre el servidor de la base de datos y las aplicaciones clientes, de esta forma se protege la información de accesos no autorizados, AWS proporciona SSL y TLS, sin embargo, es mejor utilizar TLS ya que es la versión mas segura y reciente
- **Capacidad:** GCP, Azure y AWS brindan tipos de instancias de DBaaS clasificándolas por el tipo de carga de trabajo que tendrán, ya sea para producción o desarrollo, una vez seleccionando el tipo de carga de trabajo, ofrecen una amplia variedad de opciones de tipos de máquina, niveles de cómputo o clases de instancia con recursos de vCPU y memoria suficientes que se pueden aprovisionar para satisfacer la carga de trabajo, es importante mencionar que la cantidad de vCPU que se seleccione estará fuertemente relacionada con la cantidad de memoria, por ello, los proveedores brindan opciones de los tipos de máquina, niveles de cómputo o clases de instancia con vCPU y memoria equilibrados. En caso de hacer una personalización y elegir una cantidad de vCPU y memoria que no estén equilibradas, el proveedor no permitirá crear la instancia y hará la observación del mínimo de memoria que se debe tener para ciertos vCPU o viceversa. En el caso del almacenamiento se podrá elegir en GiB, GB o TiB dependiendo con cada proveedor, haciendo énfasis en que GCP, Azure y AWS permiten incrementar la capacidad de almacenamiento, pero no disminuirlo
- **Elasticidad rápida:** GCP y AWS si permiten habilitar el crecimiento automático de almacenamiento en la DBaaS, por otra parte, en Azure no tiene disponible esta opción para los servidores flexibles
- **Rendimiento:** De acuerdo con las diez pruebas realizadas, GCP proceso cuatro consultas en menos tiempo que Azure y AWS, pero Azure **proceso** seis consultas en menos tiempo de GCP y AWS. Es importante indicar AWS no proceso ninguna consulta en menos tiempo que GCP y Azure
- **Soporte técnico:** Con base al tiempo de respuesta cuando se presenta una falla, inconveniente o problema que afecta el funcionamiento del **servicio**, GCP maneja tiempos de respuesta máximos de ocho horas en la asistencia estándar, mejorada y premium, Azure maneja tiempos de respuesta máximos de ocho horas en el soporte desarrollador y estándar, AWS maneja tiempos de respuesta máximos de 12 horas cuando se presenta fallo en el sistema
- **Costos:** De acuerdo con la estimación de costos realizada para obtener un presupuesto de un caso hipotético básico para una instancia DBaaS PostgreSQL, el proveedor más económico es Azure, pero es importante considerar otros factores que podrían contratarse como el tipo de soporte técnico, herramientas de monitoreo o replicación de datos, entre otros, los cuales generan cargos adicionales

De acuerdo con los resultados de este trabajo de investigación, Azure destacó en disponibilidad, rendimiento y costos; en seguridad y capacidad se igualó con GCP y AWS; en soporte técnico se igualó con GCP. Por otra parte, en elasticidad rápida Azure no tiene disponible el crecimiento automático de almacenamiento para los servidores flexibles, sin embargo, es posible crear una regla de alertas donde se define un límite el cual se monitorea constantemente y cuando detecta que el almacenamiento de la DBaaS llega a ese límite avisa para que se pueda realizar el aumento de almacenamiento de manera manual, esto también se puede realizar en GCP y AWS cuando no se habilita el crecimiento automático de almacenamiento de la DBaaS.

Por lo anterior y de acuerdo con la fecha en que se realizó esta investigación, Azure DBaaS para PostgreSQL a través de un servidor flexible, es el proveedor de DBaaS adecuado al cuál pueda acceder un sistema de información para el caso de estudio desarrollado.

REFERENCIAS

- [1] Oracle, *¿Qué es una base de datos en la nube?*, 2023.
[Online] Available: <https://www.oracle.com/mx/database/what-is-a-cloud-database>.
- [2] PERCONA, *Open Source Data Management Software Survey*, 2020.
[Online] Available: <https://www.percona.com/open-source-data-management-software-survey>.
- [3] Flexera, *State of the Cloud Report*, 2021.
[Online] Available: <https://info.flexera.com/CM-REPORT-State-of-the-Cloud-2021-Thanks>.
- [4] C. De la Cruz, «Metodología de la investigación tecnológica en ingeniería», *Ingenium*, vol. 1, no.1, pp. 43-46, 2016.
[Online] Available: <http://dx.doi.org/10.18259/ing.2016007>.
- [5] F.L. Vargas, J.E. Quevedo, J.S. Gonzáles, and M.J. Suárez, «Guía metodológica para la selección de proveedores DBaaS en Pymes», *Revista Científica*, vol. 39, no. 3, pp. 369-377, 2020.
[Online] Available: <https://doi.org/10.14483/23448350.16938>.
- [6] Google Cloud, *Console Google Cloud*, 2023.
[Online] Available: <https://console.cloud.google.com/>.
- [7] Microsoft Azure, *Opciones de proceso y almacenamiento en Azure Database for PostgreSQL: servidor flexible*, 2023.
[Online] Available: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/postgresql/flexible-server/concepts-compute-storage>.
- [8] Amazon Web Services, *DB instance classes*, 2021.
[Online] Available: <https://docs.aws.amazon.com/AmazonRDS/latest/UserGuide/Concepts.DBInstanceClass.html>.
- [9] Amazon Web Services, *Amazon RDS DB instance storage*, 2023.
[Online] Available: https://docs.aws.amazon.com//AmazonRDS/latest/UserGuide/CHAP_Storage.html.
- [10] Amazon Web Services, *Nivel gratuito de Amazon RDS*, 2021.
[Online] Available: <https://aws.amazon.com/es/rds/free>.
- [11] Google Cloud, *Atención al cliente de Google Cloud*, 2023.
[Online] Available: <https://cloud.google.com/support?hl=es-419>.
- [12] Microsoft Azure, *Ámbito de soporte técnico y capacidad de respuesta*, 2023.
[Online] Available: <https://azure.microsoft.com/es-es/support/plans/>.
- [13] Amazon Web Services, *Comparar los planes de AWS Support*, 2023.
[Online] Available: <https://aws.amazon.com/es/premiumsupport/plans/>.
- [14] Google Cloud, *Google Cloud Pricing Calculator*, 2023.
[Online] Available: <https://cloud.google.com/products/calculator?hl=es>.
- [15] Microsoft Azure, *Calculadora de precios*, 2023.
[Online] Available: <https://azure.microsoft.com/es-mx/pricing/calculator>.
- [16] Amazon Web Services, *Calculadora de precios de AWS*, 2023.
[Online] Available: <https://calculator.aws/#/>.

Caractérisation des électro-faciès et faciès lithologique des systèmes fluviaux du Continental terminal ivoirien: Cas du forage BNC1

[Electro and lithological facies characterization of the fluvial systems of the Ivorian Continental Terminal: Case of BNC1 drilling]

Ble N'Tayé Christian Arnaud¹, Assalé Fori Yao Paul², Ouattara Gbélé¹, Dezaï Lemanois Eudes Evrard², Deneanh Stéphane², and Monde Sylvain²

¹UMRI68, Laboratoire du Génie Civil, Géosciences et Sciences Géographiques (CGSG), Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, BP 1093 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

²UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The study is a contribution to the characterization of electro-facies and lithologic facies of fluvial systems in Ivorian Continental Terminal by analyzing gamma ray recordings and lithologic percentage data. The lithostratigraphy of the well was reconstructed using Strater software by a combined analysis of GR recordings and litho-granulometric data. The analyses reveal nine litho-granulometric facies in this well and are mainly composed of coarse sands. These are medium clayey silty sands, coarse clayey silty sands, medium sands, coarse sands, medium gravelly sands, coarse gravelly sands, very coarse gravelly sands, gravels with coarse sands and kaolins. About the electro-facies, the analysis of log GR revealed 21 diagraphic facies (electro-facies) including 4 baselines, 5 lines of positive turns and 8 negative turns and 4 egg shapes. They have been identified in the lithologic facies. The deposit environment of BNC1 well formations is characterized by log shapes such as: cylindrical, funnel, bell and Serrated. These forms reflect fluvial environments such as braided channels and meandering channels (floodplain).

KEYWORDS: Fluvial, electro-facies, logging, lithostratigraphy, channels, Côte d'Ivoire.

RESUME: L'étude menée est une contribution à la caractérisation des électro-faciès et faciès lithologiques des systèmes fluviaux du Continental Terminal ivoirien par l'analyse des enregistrements du gamma ray et des données de pourcentage lithologique. La lithostratigraphie du puits a été reconstituée à partir du logiciel Strater par une analyse combinée des enregistrements GR, et des données litho-granulométriques. Les analyses révèlent neuf faciès litho-granulométriques dans ce puits et sont majoritairement composés de sables grossiers. Il s'agit des sables moyens silto-argileux, des sables grossiers silto-argileux, des sables moyens, des sables grossiers, des sables moyens graveleux, des sables grossiers graveleux, des sables très grossiers graveleux, des graviers à sables grossiers et des kaolins. Au niveau des électro-faciès, l'analyse du log GR a révélé 21 faciès diagraphiques (électro-faciès) dont 4 lignes de bases, 5 lignes de tournures positives et 8 tournures négatives et 4 formes en œuf. Ils ont été identifiés dans les faciès lithologiques. L'environnement de dépôt des formations du puits BNC1 est caractérisé par les formes diagraphiques tels que: cylindriques, entonnoirs, cloches et dentelées. Ces formes traduisent des environnements fluviaux de types chenaux anastomosés et chenaux méandriques (plaine d'inondation).

MOTS-CLEFS: Fluviale, électro-faciès, diagraphique, lithostratigraphie, chenaux, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

La recherche des réservoirs géologiques dans le bassin sédimentaire Onshore ivoirien s'est intensifiée depuis ces décennies surtout dans le cadre de la recherche de nouvelles nappes pour l'alimentation en eau dans les régions du sud de la Côte d'Ivoire. La plupart des explorations se déroulent dans les formations du Continental Terminal situées dans la partie nord du bassin onshore ivoirien [1-3]. Elles ont permis de connaître la lithostratigraphie qui est constituée de dépôts fluviaux généralement qui sont constitués de sables quartzeux à granulométrie très variée intercalés de kaolins. Ces formations sont coiffées par du sable silto-argileux rubéfié appelé Terre de barre.

Parmi les forages réalisés dans cette partie du bassin, il existe plusieurs forages qui ne disposent que des enregistrements diagraphiques et une description sommaire de la lithologie. L'environnement de dépôt et les faciès lithologiques ne sont pas définis dans les formations de ces forages. Il est donc primordial d'initier un calage entre les données sédimentologiques et diagraphiques afin d'interpréter aisément les environnements de dépôts et les faciès lithologiques. L'apport des méthodes diagraphiques dans la reconstitution de l'environnement de dépôts sédimentaires est donc une nécessité.

C'est dans ce contexte de recherche, que la présente étude a été réalisée sous le thème suivant: « Caractérisation des électro-faciès et faciès lithologique des systèmes fluviaux du continental terminal ivoirien: Cas des du forage BNC1 ». L'intérêt d'une telle étude est l'interprétation des variations de faciès d'une part, et d'autre part de quantifier au mieux les processus sédimentaires et les événements géologiques dans le temps.

Ainsi de l'objectif général qui est de caractériser et interpréter les faciès des systèmes fluviaux du continental terminal ivoirien par le traitement des données diagraphiques, en vue de l'identification des différents réservoirs, découle les objectifs spécifiques suivants:

- Etablir la lithostratigraphie du forage BNC1;
- Déterminer les caractéristiques granulométriques et diagraphiques des sédiments de cette zone;
- Reconstituer le paléoenvironnement du Continental terminal par l'analyse des formes des signatures diagraphiques.

2 CONTEXTE GÉOLOGIQUE DE LA ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude est située dans la commune de Cocody (ANGRE) qui est une zone côtière de la Côte d'Ivoire située dans l'Est de la ville d'Abidjan. De coordonnées 05°35'N et 3°89'W, elle couvre une superficie de 664 km² (Figure 1). Son relief est constitué de hauts plateaux et de plaines. Le forage BNC1 réalisé dans cette localité a pour coordonnées 3°54'W et 5°21'N avec une altitude de 21,68 m (Figure 1).

La Côte d'Ivoire est caractérisée par deux unités géologiques majeures inégalement réparties: un socle précambrien qui couvre 97,5 % du territoire ivoirien et un bassin sédimentaire secondaire-tertiaire avec 2,5 % du territoire. Ce bassin comprend une partie immergée (offshore) et une partie émergée (Onshore). C'est dans cette dernière partie que se sont développées les unités géologiques d'ANGRE plus précisément dans sa partie nord qui est séparée de la partie sud par la faille des Lagunes.

La géologie d'ANGRE a été mise en place par les différents mouvements géologiques qui caractérise la partie sédimentaire de la Côte d'Ivoire. Le premier mouvement est celui de l'ouverture de l'Océan Atlantique qui a occasionné la mise en place du bassin sédimentaire ivoirien. La structuration de ce bassin s'est poursuivie en quatre phases [4], [5] à savoir: la phase rifting d'âge Barremien-Albien, la phase d'océanisation initiale au Cénomani-Sénonien, la phase d'océanisation maximum qui part du Campanien au Maastrichtien et la phase d'océanisation finale au Tertiaire.

Les unités géologiques d'ANGRE sont celle du Continental terminal qui est établie comme suit [1]:

- Plio-pléistocène: il est composé de dépôts fluviaux et de la Terre de barre inférieure dans le compartiment nord où il repose en discordance sur le socle précambrien. Les dépôts fluviaux comprennent les kaolins secondaires et les sables quartzeux à granulométries variables. La Terre de barre inférieure comprend des sables silto-argileux rubéfiés avec parfois des grès ferrugineux;
- Holocène: l'Holocène comprend la « Terre de barre » supérieure et les dépôts lagunaires. Les dépôts de la Terre de barre supérieure sont constitués de sables silto-argileux rubéfiés accompagnés de grès ferrugineux.

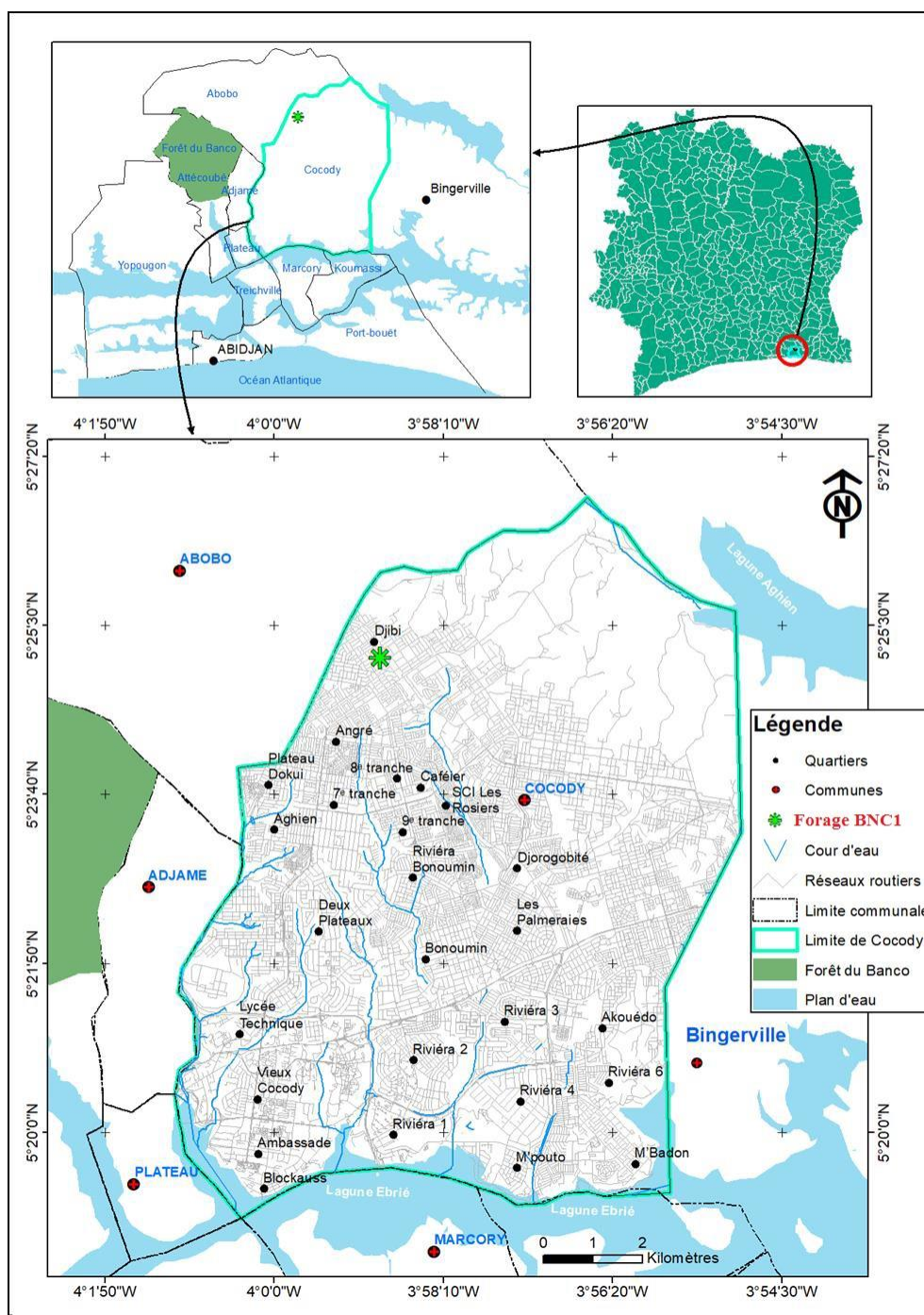


Fig. 1. Localisation du forage BNC1

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 RECONSTITUTION LITHOLOGIQUE PAR GAMMA-RAY

Le forage BNC1 a fourni un total de 142 échantillons par pas de 1m. Les déblais de forage sont de roches détritiques terrigènes. Chaque échantillon sec est décrit en vue de la recherche des caractéristiques suivantes:

- Test à L'HCL à 10 %: il met en évidence la présence de minéraux carbonatés dans la formation
- Aspect: l'aspect peut être meuble ou consolidé
- Couleur: elle est déterminée sur les sédiments secs en s'appuyant sur la charte de Munsell
- La minéralogie: mono-minéral ou bi-minéraux ou poly-minéraux

- Induration de la roche: cinq principaux types d'induration sont connues [6]: meubles, friable, dure, très dure et extrêmement dure. Pour la classe des lutites (sils et argiles), en plus des cinq types, sont rajoutés l'induration douce et plastique lorsque cette classe est au contact de l'eau
- Granulométrie des fractions sableuses suivants une colonne de tamis

La reconstitution lithostratigraphique est réalisée en utilisant les enregistrements du gamma ray (GR) pour distinguer les sédiments mixtes réels argileux des sédiments mixtes argileux crée lors du forage qui a occasionné le mélange des sédiments.

Ces enregistrements permettent de mieux définir les limites de couche. Au regard du pas d'enregistrement qui est de 10 cm, une meilleure lithologie sera établie en comparaison avec celle effectuée par les déblais dont le pas est de 1 m. Les argiles montreront des valeurs GR très élevées, les sables et graviers des valeurs GR faibles. La discrimination des sédiments mixtes réels argileux et des sédiments mixtes argileux occasionnés par le forage se fera par l'uniformisation des valeurs GR dans l'intervalle considéré. Si les enregistrements GR sont continus dans l'intervalle concerné alors les sédiments mixtes argileux sont réels. Par contre, si ces enregistrements présentent des alternances de valeurs GR faibles et des valeurs GR fortes alors, les sédiments mixtes argileux ont été provoqués par le forage; les faibles valeurs correspondant aux sables et/ou graviers et les fortes valeurs aux argiles. Pour des sédiments mixtes constitués uniquement de sables et graviers (créés ou réels), la distinction entre ces deux lithologies sera difficile au regard des valeurs GR qui sont presque égales.

3.2 ANALYSE DES ELECTRO-FACIES

Une fois la lithologie établie, on trace des intervalles entre lesquels la valeur de la diagraphie est constante (lignes de base), des lignes de tournure (augmentation ou diminution des valeurs de la diagraphie), des lignes des formes (cloche, cylindre, œuf, entonnoir), des ruptures abruptes ou changements et des pics à valeurs très fortes (anomalies).

3.2.1 LIGNES DE BASE

Une ligne de base est une valeur verticalement constante de log. Elle a une signification aussi lithologique que stratigraphique. Cette technique implique que ni les argilites ni les sables ne changent verticalement, par conséquent, les réponses cohérentes qui dans les termes stratigraphiques signifient qu'elles proviennent de la même formation. Quand la formation change, les lignes de base changent également (Figure 2).

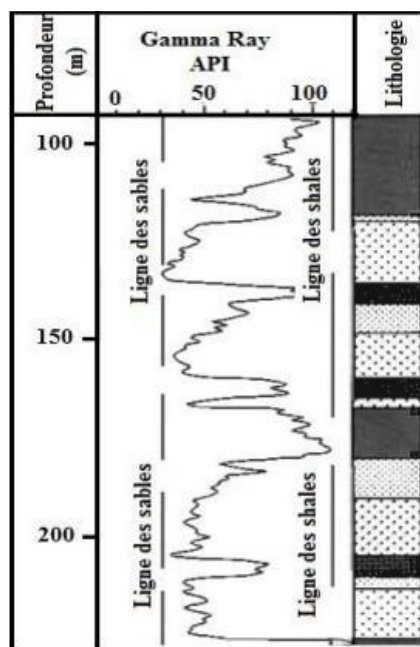


Fig. 2. Lignes de base sur un log Gamma Ray

3.2.2 TOURNURES

C'est un changement persistant d'une valeur de log au-delà d'une certaine épaisseur, soit croissante ou décroissante. Des tournures peuvent avoir plus d'un mètre, quand elles sont associées aux lits et aux jonctions de lits, dizaines de mètre quand elles sont plus

probablement associées aux cycles ou aux séquences et des centaines de mètres quand elles sont associées aux larges structures ou aux remplissages des bassins. Des tournures de plus petites épaisseurs peuvent se produire dans de longues tournures comme des variations de second ordre. Chaque changement dans les valeurs de log de quelques mètres peut être considéré comme une tournure mais il n'y a généralement pas de signification géologique à cette échelle. Des tournures de plus grandes épaisseurs peuvent cependant indiquer des changements persistants dans la sédimentation tels que des successions de granoclassements inverses ou normaux (Figure 3).

3.2.3 TYPES DE FORMES

Les formes des signatures diagaphiques ont des significations géologiques. Ces formes sont: l'entonnoir (bell), le cylindre (funnel), l'œuf (symmetrical), la cloche (Bell) et les dentelés (Serrated) (Figure 3).

Les différentes formes des signatures diagaphiques permettent de différencier les différents environnements de dépôts. Dans le système fluvial deux formes de dépôt sont connues: les dépôts fluviaux méandriformes et les dépôts fluviaux anastomosés. La distinction entre ces deux types de dépôt peut être effectuée par les signatures diagaphiques. Dans les dépôts méandriformes, la forme en cloche est bien développée et complète dans leurs termes supérieurs où se trouve la phase argileuse ou charbonneuse [7]. Dans les dépôts anastomosés (réseau en tresse), la partie supérieure peut être absente ou réduite du fait de l'érosion de sa partie supérieure. L'aspect diagaphique est de type cylindrique ou aséquentiel avec des contacts inférieurs et supérieurs abrupts [7]. La forme en œuf peut être identifiée dans tous les environnements sédimentaires. Les explications sont différentes en fonction du milieu de dépôt.

(cylindrique) GR->	(entonnoir) GR->	(clochette) GR->	(symétrique) GR->	(dentelée) GR->
Aggradation Eolien, fluvial tressé, remblai de canal distributaire, Remplissage de canyon sous- marin	Progradation Évasement de crevasse, barre d'embouchure, front de delta, face de rivage	Retrogradation Barre de point fluvial, barre de point de marée, remplissage de canal de marée	Progradation et retrogradation Barre offshore retravaillée, delta régressif à transgressif de la face du rivage	Aggradation plaine d'inondation fluviale

Fig. 3. Différentes formes des signatures du GR [8]

3.2.4 RUPTURES ABRUPTES

Ces ruptures peuvent indiquer des changements dans la lithologie, les fractures structurales, les changements de fluide mais, plus important, elles peuvent indiquer une rupture dans un environnement logique, c'est une rupture dans le flux vertical de faciès latéralement associés. Les ruptures abruptes suivantes sont identifiables:

- Lithologie associée aux ruptures signifie soit une érosion soit une inondation (catastrophe);
- Lithologie non associée aux ruptures signifie une discordance, une faille (changement diagenétique, changement de fluides).

3.2.5 PICS ANORMAUX (ANOMALIES)

Les valeurs anormales de GR peuvent être excessivement grandes ou excessivement petites et peuvent avoir une grande importance stratigraphique. La concentration inhabituelle des minéraux dans la discordance ou dans des hardgrounds par exemple, créera souvent un large pic de GR. Les valeurs anormales sont parfois ignorées, non identifiées comme une anomalie ou à tort interprétées lithologiquement. Elles contiendraient des minéraux inhabituels, souvent en petite quantité et la lithologie peut être complexe, comme c'est le cas avec la plupart des hardgrounds.

4 RÉSULTATS

4.1 CARACTÉRISATION LITHOSTRATIGRAPHIQUE DU FORAGE BNC1

La lithologie de ce puits est composée de cinq faciès qui sont par ordre d'abondance: les sables graveleux, les sables, les sables silto-argileux, les kaolins et les graviers sableux (Figure 4 et 5).

4.1.1 SABLES GRAVELEUX

Ce sont les sédiments les mieux représentés dans ce forage. Ils ont une proportion de 44,37%. Les couleurs de ces sédiments sont orange modéré, orange jaunâtre pâle et rose orange grisâtre. Les épaisseurs des sables graveleux varient de 1,5 à 10m dans le forage. Ces sédiments sont quartzeux. Les grains de quartz sont parfois laiteux. La proportion de sable varie de 61,2 à 88,66% et celle de la Matrice constituée de silts et d'argiles avec une proportion de 4,67 à 12,87%. La proportion de gravier est par contre comprise entre 5,43 et 28,67%.

4.1.2 SABLES

Les sables sont quartzeux, les grains sont pour la plupart translucides et quelques fois jaune-orangé (citrine et hématode). Leur proportion dans l'ensemble des sédiments est de 21,79 %. Ce sont les deuxièmes sédiments les plus représentatifs dans ce forage. Les couleurs caractéristiques des sables dans ce forage sont: orange modéré et rose orange grisâtre. Les proportions relatives de matrice et de gravier dans ces sables sont respectivement 1,73- 14,4% et 0-4,2%.

4.1.3 SABLES SILTO-ARGILEUX

Les sables silto-argileux ont une proportion de 20,69%. Les fractions sableuses et silteuses sont quartzeuses. Elles se situent aux premières profondeurs (0 à 29,25m). Ils sont colorés en orange rougeâtre modéré traduisant ainsi leur caractère oxydé.

4.1.4 KAOLINS

Ce sont des formations constituées de silts et d'argile dont les proportions de silts dominant. Ces kaolins sont donc des sédiments silto-argileux. Ces formations se présentent en de petites épaisseurs n'excédant pas 2m. Elles ont une proportion totale de 10,61%. La couleur des kaolins varie de l'orange rougeâtre modéré au rose orange grisâtre.

4.1.5 GRAVIERS SABLEUX

De couleur orange jaune pâle, les graviers sableux représentent 2,54% des sédiments du forage BNC1. Les pourcentages de gravier, de sable et de matrice dans les graviers sableux sont respectivement 41,28%, 56,85% et 1,87%. Les fractions graveleuses et sableuses sont constituées de quartz. Ils se retrouvent entre les profondeurs 77,25 et 81,25m.

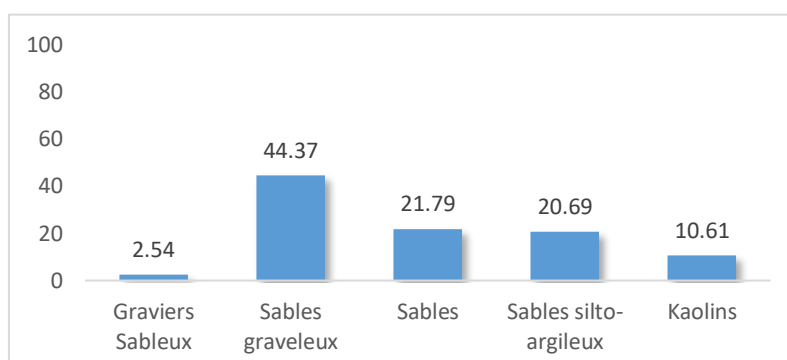


Fig. 4. Pourcentages des différents faciès lithologiques dans le forage BNC1

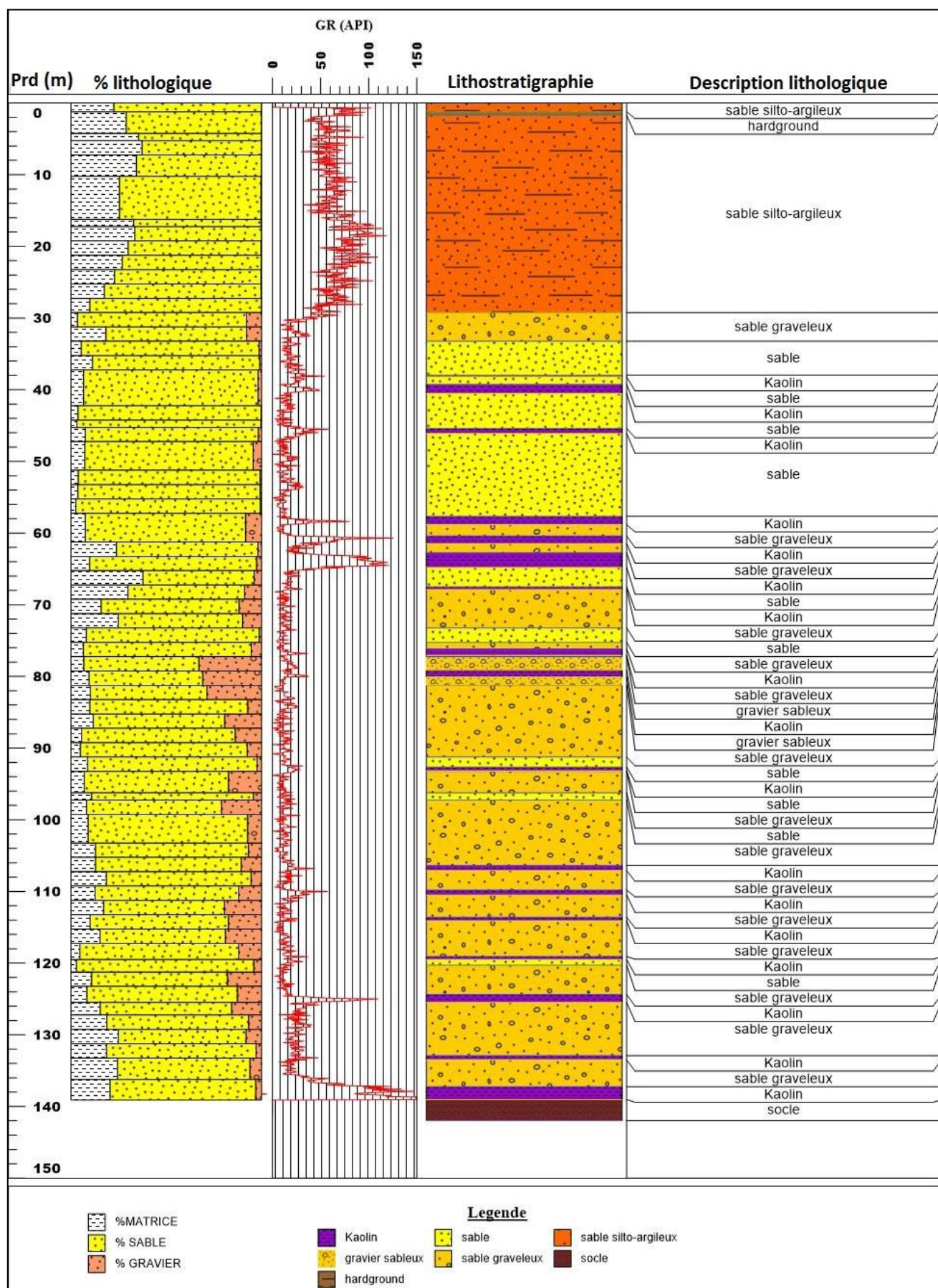


Fig. 5. Log lithostratigraphique des formations du forage BNC1

4.1.6 TAILLE MOYENNE DES FRACTIONS SABLEUSES

Les moyennes granulométriques des grains de sable varient entre $-0,15 \Phi$ et $1,27 \Phi$, ce qui permet de distinguer des tailles très grossières, grossières et moyennes. Les sables grossiers ont une proportion de 80,95%, ils sont les plus représentatifs parmi les faciès sableux. Les sables très grossiers ont une proportion de 17,5% et les sables moyens, une proportion de 1,6% (Figure 6).

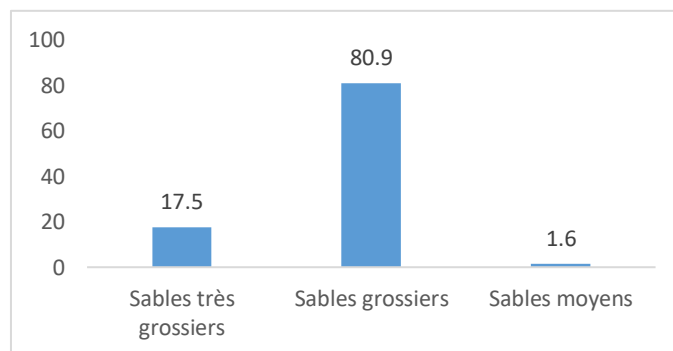


Fig. 6. Proportion des tailles de grains de sable

L'observation des tailles moyennes à grossières prouve une variation de la granulométrie dans le forage qui témoigne de la variation de l'énergie de dépôt des sédiments. Au fur que les sédiments se déposent, l'énergie de transport diminue.

4.2 CARACTÉRISATION DES FACIÈS DIAGRAPHIQUES DU FORAGE BNC1

La détermination des électro-faciès à partir du GR met en évidence des lignes de base, des lignes de tournure (augmentation ou diminution), des ruptures abruptes, des anomalies et des formes (Figure 7).

4.2.1 FACIÈS DES LIGNES DE BASE DES SABLES

Sept lignes de bases sont distinguées dans les sédiments étudiés. Elles permettent de catégoriser quatre faciès dont les valeurs des lignes sont 10 API, 15 API, 20 API et 80 API. Les lignes de bases caractéristiques des sables grossiers graveleux ont une valeur de GR de 10 API avec des intercalations de sables grossiers (106,4-80 m) et de sables moyens (76-68 m). Elles caractérisent aussi une partie des sables grossiers de l'intervalle (45-43 m). Une seule ligne de base a une valeur de 20 API. Elle traduit la présence de sables moyen graveleux (135,6-133,3 m). Il existe également une seule ligne de base 15 API qui traduit ici la présence de sables grossiers (43-40,5 m). La ligne de base 80 API est identifiée dans les sables moyens silto-argileux allant de 14,43 m jusqu'à la profondeur 1,7 m.

4.2.2 FACIÈS DES TOURNURES

Deux types de tournures sont présents dans ce forage: les tournures croissantes et les tournures décroissantes. Les tournures croissantes caractérisent les phénomènes de rétrogradations et de transgression, ils sont au nombre de sept. Ces sept tournures permettent de distinguer 5 faciès qui seront décrits dans le sens de la sédimentation.

Le premier faciès est constitué de deux tournures dont les valeurs évoluent de 5 API à 35 API. Il est situé entre la cote 113,66m et la cote 106,6m et renferme les sables grossiers graveleux avec une intercalation de banc de kaolin. Le deuxième faciès est composé d'une seule tournure dont les valeurs évoluent de 15 à 30 API. Il est caractérisé par des sables grossiers limité à sa base et à son sommet par des bancs de kaolin et se situe entre les cotes 67,45m à 64,45 m. Le troisième faciès est caractérisé également par une seule tournure dont la valeur évolue de 20 à 65 API. Situé entre la cote 62,34m et la cote 60,84m, il est composé de sables grossiers graveleux. Ce sédiment est pris entre deux couches de kaolin. Le quatrième faciès est constitué d'une seule tournure dont les valeurs évoluent de 20 à 30 API. Il est situé entre les cotes 39,29m et 38,39m. Il est également constitué des sables grossiers, limité à sa base et à son sommet par des bancs de kaolin. Le cinquième faciès, il est caractérisé par du sable grossier silto-argileux présentant deux tournures dont les valeurs évoluent entre 40 à 110 API. Il est situé entre les cotes 29,97 m et 18,85 m et entre les cotes 16,54 m et 12,33 m.

Quant aux tournures décroissantes, elles présentent une forme entonnoir et caractérisent les phénomènes de progradation et régression. Huit tournures ont été dénombrées. Elles permettent de distinguer 6 faciès qui seront décrits dans le sens de la sédimentation. Le premier faciès montre des valeurs allant de 25 à 5 API et se situe entre les cotes 119,17 m et 114,36 m. Il est caractérisé par du sable grossier graveleux. Le deuxième caractérise les graviers à sables grossiers, limité à sa base et à son sommet par des bancs de kaolin; ces valeurs GR diminuent de 25 à 10 API. Les sables grossiers sont constitués de deux tournures dont les valeurs diminuent de

30 à 5 API. Il se situe entre les cotes 54,02 m et 47,01 m et caractérise le troisième faciès, aussi limité à son sommet par un banc de kaolin. Les sables grossiers caractérisent aussi le quatrième faciès. Il est constitué d'une tournure dont les valeurs diminuent de 40 à 5 API entre les cotes 38,09 m et 33,38 m. Il est limité à sa base par un banc de kaolin. Le cinquième faciès diagraphique correspond aux sables grossiers graveleux dont les valeurs GR diminuent de 35 à 10 API. Il existe une discordance marquée par une rupture abrupte entre ce faciès et le quatrième. Le sixième faciès est constitué de deux tournures dont les valeurs allant de 115 à 30 API, il se situe entre les cotes 18,86 m et 16,51 m ainsi qu'aux cotes 12,39 m et 1,61 m. Il caractérise les sables moyens silto-argileux. Les tournures positives et négatives traduisent respectivement une augmentation et une diminution de taux de matrice dans les sédiments sableux et graveleux.

4.2.3 FACIÈS DES ANOMALIES

Les anomalies sont des pics de valeurs GR dont leurs valeurs oscillent entre 30 API et 140 API. Elles traduisent la présence de couches de kaolins dont les valeurs sont proportionnelles à l'épaisseur des couches. Plus les valeurs sont élevées plus l'épaisseur est grande.

4.2.4 FACIÈS DES RUPTURES

Les ruptures marquent un changement brusque de lithologie entre les sédiments sables/graviers et les kaolins mais aussi la présence d'hard-grounds dans les sables silto-argileux.

4.2.5 FACIÈS DES FORMES

Quatre formes en œuf sont connues sur les signatures diagraphiques de ce forage. Elles permettent de distinguer 4 faciès qui seront décrits dans le sens de la sédimentation. Le premier faciès est caractérisé par les sables moyen graveleux. Les valeurs de GR varient entre 10 et 35 API. Il est situé entre les cotes 132,90 m et 129,29 m. Le deuxième faciès montre des valeurs de GR qui oscillent de 5 API à 35 API. Il se situe entre les cotes 129,39 m et 125,38 m, et caractérise les sables grossiers graveleux. Le troisième faciès est caractérisé par les sables moyen avec des valeurs de GR variant entre 5 et 25 API. Il se situe entre les cotes 120,37 m et 119,57 m. Le quatrième faciès est la signature des sables moyens dont les valeurs GR se situent entre 0 et 20 API. Il est présent aux cotes 57,53 m et 54,02 m.

Les formes en œuf, en cloches et en entonnoir mettent en évidence trois grandes formes cylindriques. Ces formes sont limitées par des pics de GR supérieurs à 75 API. Ces limites sont les zones à fortes concentrations de dépôt de kaolins. La première forme part du socle (139 m) à la cote 125 m soit une épaisseur de 14 m. Elle est caractérisée par des sables grossiers graveleux et des sables moyens graveleux accompagnés d'un banc de kaolin. La deuxième forme se situe entre les cotes 125 m et 64,91 m soit une épaisseur de 59,47 m. Cette forme renferme des sables grossiers graveleux avec des intercalations de sables grossiers, de sables moyens, de gravier à sables grossiers, de sables très grossiers graveleux et des bancs de kaolin. La troisième forme a une épaisseur de 28,31 m et part de la cote 57,56 m à la 29,25 m. Elle est constituée de sables grossiers dont la base et le sommet sont limités respectivement par du sable moyen et du sable grossier graveleux. Des bancs de kaolins sont également présents dans les sables grossiers. Les formes cylindriques présentent une érosion prononcée dans leurs parties supérieures ou même absente favorisant des contacts inférieurs et supérieurs abrupts.

4.3 RECONSTITUTION DE L'ENVIRONNEMENT DE DÉPÔTS PAR L'ANALYSE DES FORMES DIAGRAPHIQUES

En absence de données biostratigraphiques et géochimiques permettant de reconstituer avec précision l'environnement de dépôts, l'analyse du profil de gamma ray a permis d'avoir une idée sur les conditions de mise en place des formations du continental terminal. Cette analyse est basée sur la comparaison de la morphologie du profil de gamma ray des faciès diagraphique identifiés au modèle standard établi [8].

Ainsi, différents environnements de dépôts ont été déterminés dans les formations étudiées. Ces formes sont: cylindriques, entonnoirs, cloches et dentelées. Ces formes traduisent des environnements fluviaux. Plus spécifiquement, les formes cylindriques sont caractéristiques des milieux fluviaux anastomosés et les formes dentelées une alternance de plaine d'inondation de chenaux fluviaux. La présence de formes en cloche traduit une évolution d'un chenal fluvial vers une plaine d'inondation. Les formes en entonnoir sont l'inverse des formes en entonnoir.

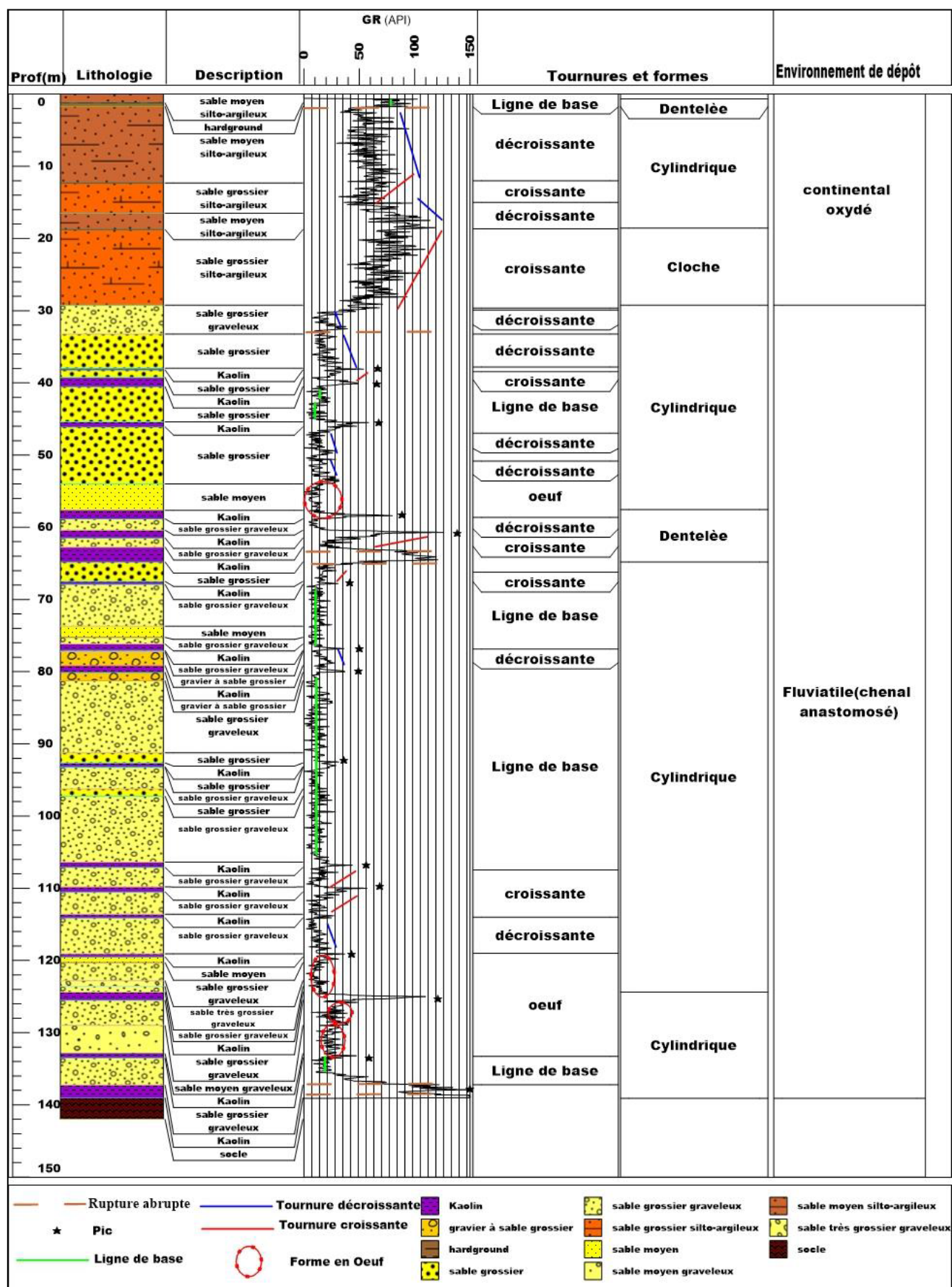


Fig. 7. Synthèse litho-granulométrique et diagraphique des formations du forage BNC1

5 DISCUSSION

Les données lithologiques, granulométriques et diagraphiques permettent de retenir neuf faciès lithogranulométriques et vingt-un faciès diagraphiques. À l'exception des anomalies, les faciès diagraphiques caractérisent pour la plupart les mêmes lithologies associées à leurs granulométries. Dans ces faciès diagraphiques, on peut distinguer les sables silto-argileux des autres sédiments. Les faciès diagraphiques permettent donc de distinguer trois lithologies à savoir les kaolins, les sables et/ou graviers et les sables silto-argileux. Ils ne permettent donc pas de spécifier les tailles granulométriques des sables. Cette assertion est soutenue par un auteur [9] qui stipule que les signatures diagraphiques ne varient pas suivant les variations de la granulométrie mais plutôt aux variations du volume d'argile. Les mêmes types de sédiments (sables grossiers, graveleux, sables grossiers, sables silto-argileux) comportant des lignes de bases, des tournures et des formes différentes témoignent d'une variation dans la composition chimiques et de la proportion d'argile dans les sédiments.

Les travaux de certains auteurs [10] ont établi une relation entre la granulométrie et la quantité d'argile. Plus la taille des grains augmentent et plus la quantité d'argile diminue. Cela devrait pouvoir influencer les variations du GR; ce qui n'est pas le cas dans le présent travail. Un autre auteur [9] explique cela du fait que les argiles n'ont pas une radioactivité constante.

Les faciès diagraphiques sont marqués par des séries de formes cylindriques depuis le socle jusqu'à la cote 29,25m témoignant ainsi de la présence de chenaux fluviaux de types anastomosés [7]. Les dépôts du forage BNC1 dérivent donc d'un transport dans un environnement fluvial à chenaux anastomosés. L'alternance de périodes humides et arides dans les systèmes fluviaux, favorise les dépôts de chenaux et plaines d'inondation. Les faciès sableux et graveleux dominent les chenaux fluviaux qui peuvent parfois renfermer des intercalations de faciès kaolinique. Tandis que, les plaines d'inondations sont riches en faciès kaolinique, ils peuvent également renfermer des sédiments plus grossiers. En période de crue, ce sont les plaines d'inondations qui se forment et pendant que les périodes de décrues (étiages), ce sont plutôt des chenaux qui se forment. Les crues peuvent néanmoins se produire à tout moment et n'importe où sous tous les climats. Mais, la fréquence, l'intensité et le régime des crues enregistrés sur plusieurs années dans une aire stable sont essentiellement représentatifs d'un environnement climatique durable [11].

La section 29,25-0 m correspond à la Terre de barre qui dérive donc d'un environnement de type continental et selon certains travaux [2], l'environnement de dépôt de la Terre de barre est type continental oxydé.

Les tailles granulométriques montrent que du début à la fin de chaque sédimentation la taille des grains de quartz diminue; ce qui prouve une diminution progressive de l'énergie de dépôts dans les chenaux fluviaux. Dans un courant fort sans perte brutale d'énergie, les grains plus grossiers se déposent préférentiellement et le risque de mélange de tailles différentes est minimisé. Un ralentissement de l'énergie ou une perte brutale de l'énergie entraînent un mauvais tri; on assistera à un risque élevé de mélange de tailles différentes d'où un mauvais classement. Le classement des sables n'est donc pas une fonction de la taille des grains mais plus de la proportion de fractions granulométriques exprimées dans le sédiment sableux [12].

6 CONCLUSION

À la lumière des investigations pour la caractérisation des électro-faciès et faciès lithologiques des systèmes fluviaux du Continental Terminal de la localité de Cocody Angré en vue de reconstituer leur environnement de dépôt.

La reconstitution lithologie révèle la présence de cinq types de sédiment qui sont par ordre d'abondance: les sables graveleux, les sables, les sables silto-argileux, les kaolins et les graviers sableux. L'étude granulométrique des sables permet de subdiviser certains sédiments. Ainsi, les sables silto-argileux comprennent en leur sein les sables moyens silto-argileux et les sables grossiers silto-argileux. Les sables sont subdivisés en sables moyens et sables grossiers. Quant aux sables graveleux, ils sont subdivisés en sables moyens graveleux, sables grossiers graveleux et sables très grossiers graveleux. Les kaolins et les graviers restent inchangés. Cependant, la fraction sableuse des graviers sableux est grossière.

L'analyse des données de gamma ray met en évidence vingt-un faciès diagraphiques. Les faciès diagraphiques proviennent: des lignes de base, des tournures, des anomalies et des formes. Les lignes de base sont aux nombres de quatre faciès dont les valeurs des lignes sont 10 API, 15 API, 20 API et 80 API. Les tournures sont croissantes ou décroissantes, sont au total quinze dont la forme est proportionnelle à la quantité de la matrice. Elles caractérisent dix faciès litho-granulométriques tel que: les sables grossiers graveleux, sables grossiers, sables grossiers graveleux, sable grossier silto-argileux pour les tournures positives.

Les anomalies sont des pics de valeurs GR dont leurs valeurs oscillent entre 30 API et 140 API. Les formes de gamma ray a révélé la présence de cinq formes diagraphiques lesquelles sont: la forme cylindrique, en oeuf, en cloche et la forme dentelée.

Les faciès diagraphiques caractérisent la plupart les mêmes lithologies associées à leurs granulométries. Dans ces faciès diagraphiques, on distingue trois lithologies à savoir les kaolins, les sables et/ou graviers et les sables silto-argileux. Les formes en oeuf et cylindriques caractérisent un système fluvial anastomosé tandis que le système fluvial méandrique est caractérisé par la forme en cloche. Les formes dentelées montrent par contre l'existence de plaine d'inondation fluviale.

La recherche des méthodes innovantes et ultra-rapides pour l'étude des bassins sédimentaires est toujours d'actualité notamment dans le domaine onshore du bassin ivoirien. L'étude menée est une contribution à la caractérisation des électro-faciès et faciès lithologiques des systèmes fluviaux du Continental Terminal ivoirien par l'analyse des enregistrements diagrapiques avec l'utilisation du logiciel Strater 5. Le puits BNC1 a fait l'objet d'une profonde investigation à l'aide des données de pourcentage lithologique et des enregistrements diagrapiques du gamma ray dans le but de déterminer ses paramètres diagrapiques.

La lithostratigraphie du puits a été reconstituée à partir du logiciel Strater par une analyse combinée des enregistrements GR, et des données litho-granulométriques. Les analyses révèlent neuf faciès litho-granulométriques dans ce puit et sont majoritairement composés de sables grossiers. Il s'agit des sables moyens silto-argileux, des sables grossiers silto-argileux, des sables moyens, des sables grossiers, des sables moyens graveleux, des sables grossiers graveleux, des sables très grossiers graveleux, des graviers à sables grossiers et des kaolins.

Au niveau des électro-faciès, l'analyse du log GR a révélée 21faciès diagrapiques (électro-faciès). Quatre issus des lignes de bases sont compris entre 10 et 80 API, cinq issus des lignes de tournures positives et huit des tournures négatives avec des valeurs de GR allant de 5 à 110 API, un issu des anomalies avec des valeurs de GR variant de 30 à 140 API, quatre issus des formes en œuf dont les valeurs varie de 0 à 35 API. Ils ont mis en évidence 5 faciès que sont: les kaolins, les sables et/ou graviers et les sables silto-argileux.

L'environnement de dépôt des formations du puits BNC1 est caractérisé par les formes diagrapiques tels que: cylindriques, entonnoirs, cloches et dentelées. Ces formes traduisent des environnements fluviaux de types chenaux anastomosés et chenaux méandriformes (plaine d'inondation).

REFERENCES

- [1] Gbangbot J-M. K., Digbehi Z. B., Yao N. J-P., Monde S., Yao A. N., Lithostratigraphie des Dépôts de Subsurface des Régions de Bingerville et d'Assinie, Sud et Sud-est, Basse Côte d'Ivoire. Essai de Comparaison des Environnements de Dépôts au Cours du Tertiaire. EuroJournalsPublishing, Vol. 86, N° 1 September, pp. 41-52. eters. J. Sedim. Petrol., Vol. 27, pp. 13-27, 2012.
- [2] Assalé F. Y. P., Caractérisation sédimentologique, palynologique, géochimique et paléoenvironnementale des formations connexes à la faille des lagunes (Est du bassin onshore de Côte d'Ivoire). Thèse Doctorat univ. Univ. F.H.B, Côte d'Ivoire, 361p, 2013.
- [3] Ble N. C., Kouao A. F. A., Assalé F. Y. P., Brou U. M., Deneanh S., and Monde Sylvain, Reconstitution lithologique des dépôts du Continental Terminal ivoirien par gamma ray: Cas des déblais du forage P1 de Bingerville. International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol. 37 No.1, pp. 154-166, 2022.
- [4] Digbéhi Z., Etude comparée de la sédimentation de premier stade d'ouverture de l'Atlantique: Golfe de Guinée – Golfe de Gascogne (sédimentologie-biostratigraphie). Thèse de doctorat, Univ. De Pau et des pays de l'Adour, 296 p, 1987.
- [5] Sombo B. C., Etude structurale et sismo-stratigraphie off-shore de Côte d'Ivoire, marge passive entaillée d'un canyon. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles. Université d'Abidjan, 350 p, 2002.
- [6] Maurice E. T., Sedimentary Rocks in the Field. Third EDITION. Department of Geological Sciences University of Durham, UK. John Wiley & Sons Ltd, England, 234p, 2003.
- [7] C.S.R.P.G.N., Corps sédimentaires: exemples sismiques et diagrapiques. Chambre Syndicale de la recherche et de la production du pétrole et du gaz naturel (C.S.R.P.G.N). Comité des techniciens. Editions TECHNIP. Paris, France, 349p, 1986.
- [8] Emery et Myers, Sequence stratigraphy. Blackwell science Ltd. Oxford, Angleterre 297 p, 1996.
- [9] Rider M.H., The geological interpretation of well logs. Rider-French Consulting Ltd (Edit), Second edition, 280p, 2002.
- [10] Affoumou P. C., Caractérisation lithostratigraphique du Continental terminal ivoirien: aspects granulométrique et pétrophysique du forage APC de Dabou. Mémoire de master. Univ.F.H.B. 72p, 2019.
- [11] Macaire J. J., L'enregistrement du temps dans les dépôts fluviaux superficiels. De la géodynamique à la chronostratigraphie. In: Quaternaire, vol. 1, n°1, 1990. pp. 41-49, 1990.
- [12] Gary N. S., Sedimentology and stratigraphy. Second edition. Wiley-Blackwell: A John Wiley & Sons, Ltd., Publication 111 River Street, Hoboken, USA, 419p, 2009.

Climatic Drought Characterization Using the Standardized Precipitation Index (SPI) and the North Atlantic Oscillation (NAO) Effects in the Tensift Watershed-Morocco

Jawad El Hawari, Youness Bouhafa, Abd Ellatif Sinbri, Omar Ghadbane, Othman Rahimi, Aomar Achehboune, and Mohamed El Ghachi

Laboratoire Dynamique des Paysages, Risques et Patrimoines, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Université Sultan Moulay Slimane, Béni Mellal, Morocco

Copyright © 2023 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: Drought is a complex natural phenomenon and does not have a precise definition. The frequency of this meteorological and climatic phenomenon has been intensifying in recent decades. It is the most serious natural risk for Morocco's economy and its future given its harmful impacts. In this work, we study this phenomenon in the Tensift watershed using monthly rainfall series from three weather stations (Aghbalou, Chichaoua, Adamna), they represent the three parts of the basin (upstream, median and downstream). We use the Standardized Precipitation Index (SPI) calculated on several time scales. This allowed us to characterize the fluctuations of this phenomenon, which has become more pronounced during the last decades. We also present the correlation that exists between the SPI values that characterize the amount of rainfall and drought with the North Atlantic Oscillation index as an explanatory factor of this rainfall variability in the region.

KEYWORDS: Tensift; monthly rainfall series; drought; SPI; NAO.

1 INTRODUCTION

The issues related to the persistence or not of the drought are of primary importance for the countries and the inhabitants of the arid and semi-arid regions. Updating the results obtained is therefore an element of knowledge, both to assess current environmental constraints and to optimally manage a scarce resource [3]. On the other hand, drought manifests itself only by certain indices and parameters, several researchers have tried to identify them. These indices make it possible to identify the different types of drought (meteorological, agricultural and hydrological), its intensity, its duration, its spatial extent and its probability of recurrence. Most of these indices are based on two concepts namely: the normal year, and the line that indicates the drought.

Morocco has experienced severe droughts that have affected its water resources both qualitatively and quantitatively. During its history, numerous droughts of varying magnitude have plagued it; some of which have had sometimes-dramatic repercussions on the living conditions of the population, in particular, rural [13]. Thus, Drought is the major natural risk that threatens the country's resources [2] and it can have several impacts on agriculture, hydrology and consequently on society and its economy [8].

The objective of our work is to characterize the climatic drought in the Tensift basin for the period 1972-2015, through the calculation of a rainfall index on an annual scale. Next, we propose to identify the probability of occurrence of different severity classes of drought by station. Finally, we will analyze the relationships between drought and the North Atlantic Oscillation Index (ONA) and make hypotheses that can explain the spatio-temporal variability of the climatic drought in Morocco.

2 GEOGRAPHICAL LOCATION

Located in the center of Morocco, the Tensift basin constitutes one of the basins of Morocco, which is characterized by the concentration of important socio-economic activities. It is limited to the west by the Atlantic Ocean and by the Atlas range to

the east and south, the study area is located in the center of Morocco between latitudes 32° 10' and 30° 50' North and longitudes 9° 25' and 7° 12' West. The Tensift spreads over an area of approximately 25,200 km². It is limited to the south by the ridgeline of the High Atlas range, to the north by the massif of small mountains named "Jbilet" with altitudes below 1000 meters, to the east by the watershed, and to the west by the Atlantic Ocean where its outlet is located. The altitudes are therefore very contrasting, up to 4167 meters at Jbel Toubkal.

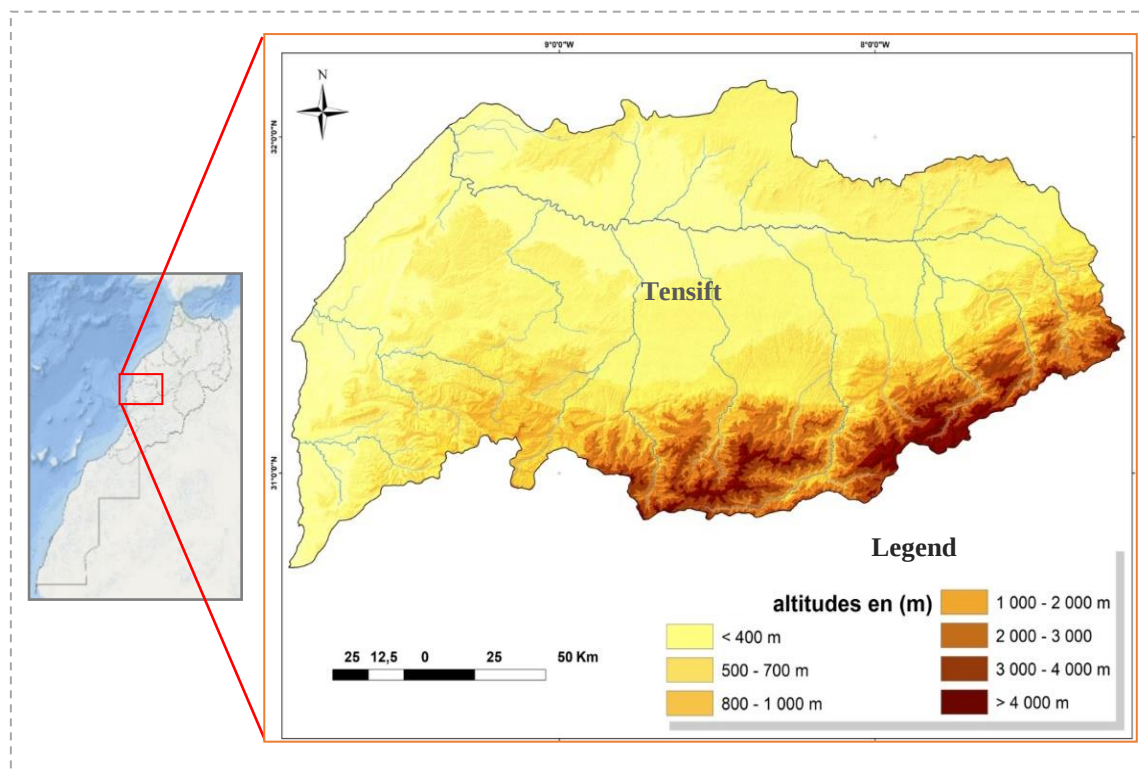


Fig. 1. Geographical location of the Tensift watershed

3 METHODOLOGY

3.1 THE DATA USED

The instrumental data recorded by the measuring stations are considered the most reliable source for the detection of recent climate change. In fact, the rainfall data collected mainly come from the Tensift Hydraulic Basin Agency (ABHT). These data that we are going to exploit are spread over a period of 43 years (1972-2015). They represent the three parts of the basin (upstream, median and downstream). The variability of the quality and duration of the chronicles required a choice of stations based on three criteria: the duration of the chronicle (covering the largest possible period of time), the importance of the gaps (as few missing data as possible) in it as well as their geographical position relative to the basin.

The objective is to identify the variability of rainfall, their trends and above all to identify the phases of drought. The different time steps used in this work make it possible to characterize the amplitude and frequency of the meteorological drought that the Tensift basin has experienced. The correlation of these values with the NAO index was also highlighted in order to understand the atmospheric connections of drought in the study area.

3.2 METHODOLOGY

Several methods and indices have been developed for this purpose in order to characterize and identify climatic drought at different time scales (annual, seasonal). In order to determine the wet or dry character of a year or a season, the standardized precipitation index (ISP) is usually used. This index, called Standardized Precipitation Index in the English literature (SPI), is an average of the rainfall totals (annual or seasonal) centered and reduced calculated at each available station for a given year or

season. It is intended to indicate by itself whether the season or the year can be qualified as surplus ($SPI > 0$) or deficit ($SPI < 0$) [1].

The standardized precipitation index (SPI) is the most widely used indicator in the world to detect and characterize meteorological drought. The SPI index, developed by [12], described in detail by [6]. The choice of the standardized precipitation index is linked to the fact that this index has advantages in terms of statistical consistency and the ability, to describe and quantify the precipitation deficit at multiple time scales. It also makes it possible to analyze wet periods as well as dry periods and can ensure early warning of drought and help them assess its severity.

The mathematical formula of SPI is as follows:

$$SPI = (p_i - p_m) / \sigma$$

Where:

P_i : Precipitation of the year i

P_m : Average precipitation

σ : Standard deviation or standard deviation

A drought occurs when the ISP is consecutively negative and its value reaches an intensity of -1 or less, and ends when the ISP becomes positive. A classification of the drought is carried out according to the values of the ISP.

Table 1. SPI Classifications

<i>2.0 and more</i>	Extremely wet
<i>de 1,5 à 1,99</i>	Very wet
<i>de 1,0 à 1,49</i>	Moderately moist
<i>de -0,99 à 0,99</i>	Close to normal
<i>de -1,0 à -1,49</i>	Moderately dry
<i>de -1,5 à -1,99</i>	Very dry
<i>-2 and less</i>	Extremely dry

4 RESULTS AND DISCUSSION

The global variability of the climate in the short term is generally associated with phases of coupled oceanic and atmospheric phenomena including the North Atlantic Oscillation (ONA), which represents the dominant climate mode in the North Atlantic region [9]. To identify the correspondence between the drought and the North Atlantic Oscillation Index (ONA), and explain the spatio-temporal variability of the climatic drought in the Tensift watershed, we are led to analyze their annual evolutions with the ISP precipitation index of the three stations Aghbalou, Chichaoua, Adamna during the study period (1972-2015). In order to make a punctual analysis at the level of the rainfall stations selected in this study, and to better assess the variations in annual rainfall, we calculated the SPI index.

4.1 THE SPI INDEX OF THE THREE RESORTS OF AGHBALOU, CHICHAOUA AND ADAMNA

The analysis of the SPI values shows that before 1980, very few dry sequences were observed in most of the stations studied (Fig.2). Thus, from 1972 to 2015, 08 dry sequences, 11 dry sequences and 09 dry sequences were respectively observed at the stations of Aghbalou, Chichaoua and Adamna for the period 1978-2015. Indeed, the SPI statistical index revealed that the period 1983-1984 in the watershed of the Tensift experienced a significant rainfall deficit. Indeed, the calculation of the standardized rainfall drought index of the Tensift watershed from the hydrological year 1972 to 2015 shows the alternation of dry and wet sequences during the studied period. It is also noted that the maximum duration of drought in this study area is at least 4 years. The Aghbalou resort has experienced periods of 2 successive years of drought (1983-1984 and 1986-1987), with peaks in 1979, 1983, 1987, 1993 and 2005, these peaks were characterized by droughts of extremely severe types. Whereas, the periods 1972-1974 and 1988-1989, 1996-1999 and 2009-2011 are generally humid. This station has also been marked by periods of 3 and 4 successive years close to normal (1975-1977, 2012-2014 and 1997-2000). Indeed, this station is marked by a spatio-temporal irregularity of the rains.

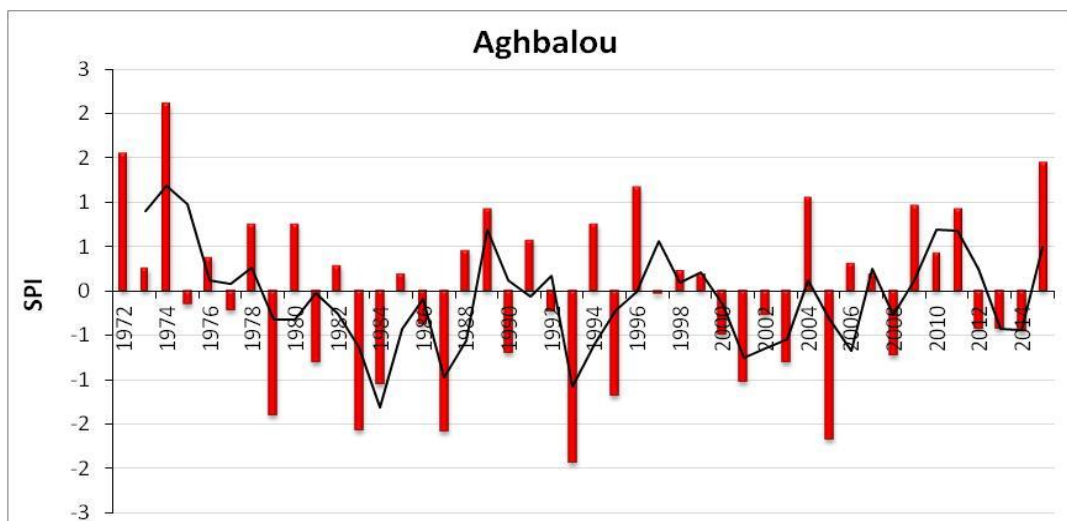


Fig. 2. Evolution of the meteorological drought using the SPI index at the Aghbalou station (1972-2015)

At the Chichaoua station, we notice the alternation of wet and dry periods during the study period with a succession of wet and relatively normal phases sometimes exceeding 5 years, are recorded in the period of 1988-1991, 1994-1998 and 1978-1980. While, this resort has also experienced periods of droughts of 2 successive years of drought (1983-1984, 1992-1993 and 2001-2002), with peaks in 1981, 1983, 1993, 2001 and 2005, these peaks have been characterized by strong and extremely severe types of droughts.

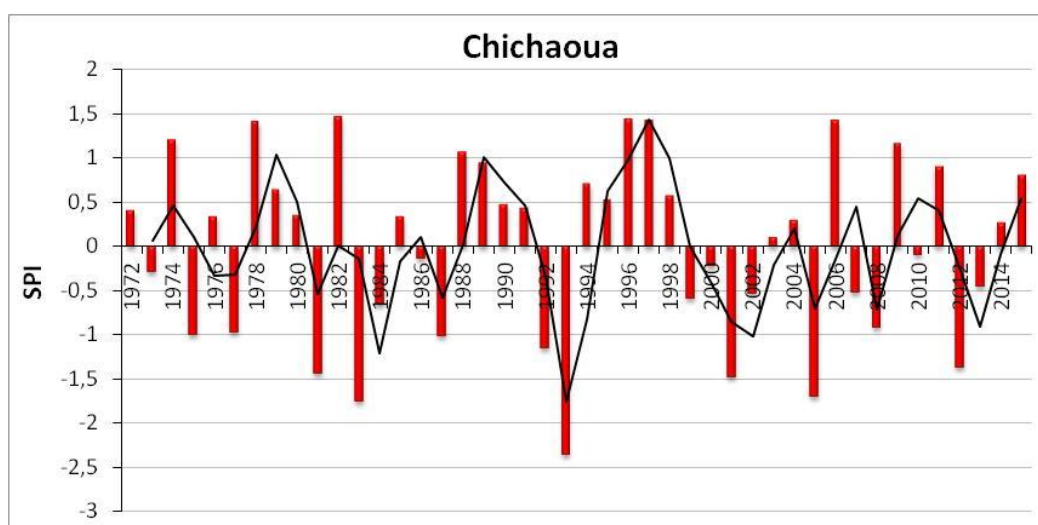


Fig. 3. Evolution of the meteorological drought using the SPI index at the Chichaoua station (1972-2015)

The analysis of the standardized precipitation index (SPI) for the Adamna station revealed that this station experienced a significant rainfall deficit from the 80s with peaks in 1987, 1992, 2007 and 2008. These peaks were characterized by droughts of strong and extremely severe types. During the period of 1978-2015, Adamna station recorded more drought sequences, it experienced periods of 2 successive years of drought (1992-1993, 2007-2008), with relatively normal periods of 3 and 4 successive years (1984-1986, 1989-1991, 2002-2004, 2012-2015).

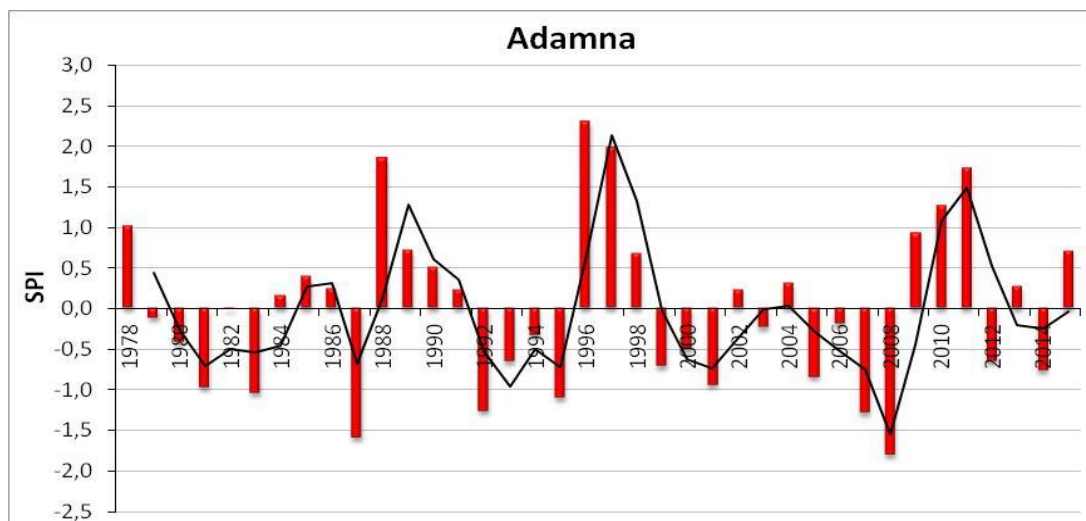


Fig. 4. Evolution of the meteorological drought using the SPI index at the Adamna station (1972-2015)

On the other hand, the percentage of dry and wet years in the Tensift watershed does not each exceed the threshold of 25% over the period 1972/2015. On the other hand, we notice the dominance of years close to normal, which have a percentage of around 60% (Fig.5).

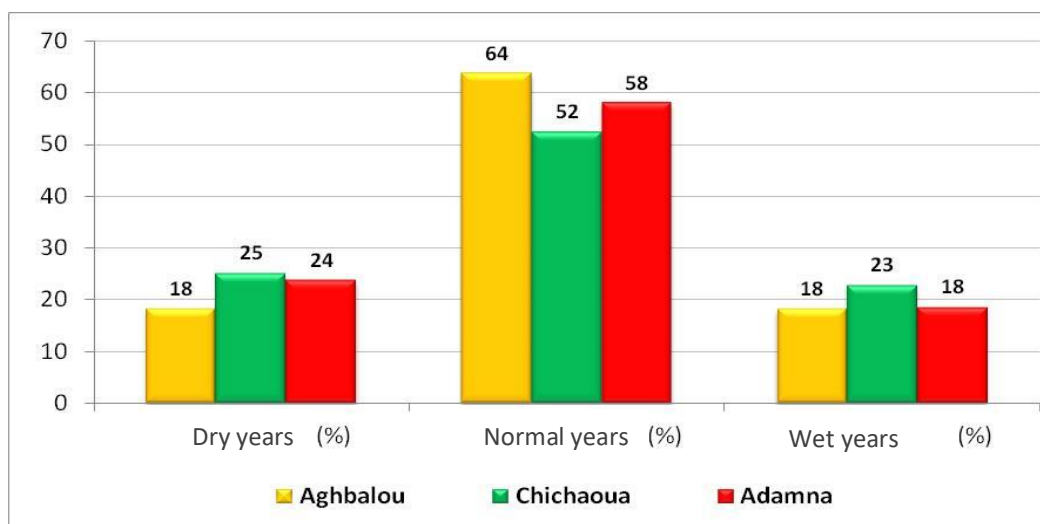


Fig. 5. Percentage of dry, normal and wet years at Tensift (1972-2015)

The study of the drought indices at the level of the watershed of the Tensift generally highlights two periods, the relatively surplus years start from 1988 until 1998, comes after the deficit years between 1999 and 2008, its periods are interrupted by dry or wet years depending on the period. While, the period between 1996-1998 are remarkably humid, and the years 1983 and 1993 are extremely severe at the level of the three stations.

4.2 CORRELATION OF THE ISP INDEX WITH THE NORTH ATLANTIC OSCILLATION INDEX (ONA) IN THE TENSIFT

Atmospheric circulation is the main factor in the changes in the severity of the seasons, especially winter, from one year to another. Among the most distinguished elements of the interannual variability of large-scale atmospheric circulation is the importance of the spatial organization of teleconnection modes [10].

In this regard, it is important to be able to distinguish whether these climatic variations that characterize our study area (Tensift Basin) are connected to phenomena of wider spatial and temporal amplitudes, or if they are only an expression of local

effects. Several studies have linked climatic variations (precipitation) to climate fluctuations [10; 5; 14; 4; 10] in order to understand the abrupt changes, fluctuations and trends observed.

At the level of the three stations of the Tensift watershed for 44 years (1972-2015), the correlation of their SPI index with the teleconnection mode (NAO) revealed significant values. Which shows the influence of this mode on the rainfall regime of these stations.

On an annual scale, the SPI index showed that the dry years in Aghbalou correspond to the years 1979, 1983, 1984, 1987, 1993, 1995, 2001, 2005, of which 62% coincide with the positive phase of NAO. On the other hand, the peak of the 1972, 1974, 1996, 2004 and 2015 wet episodes can be linked to a low negative NAO index (fig.6).

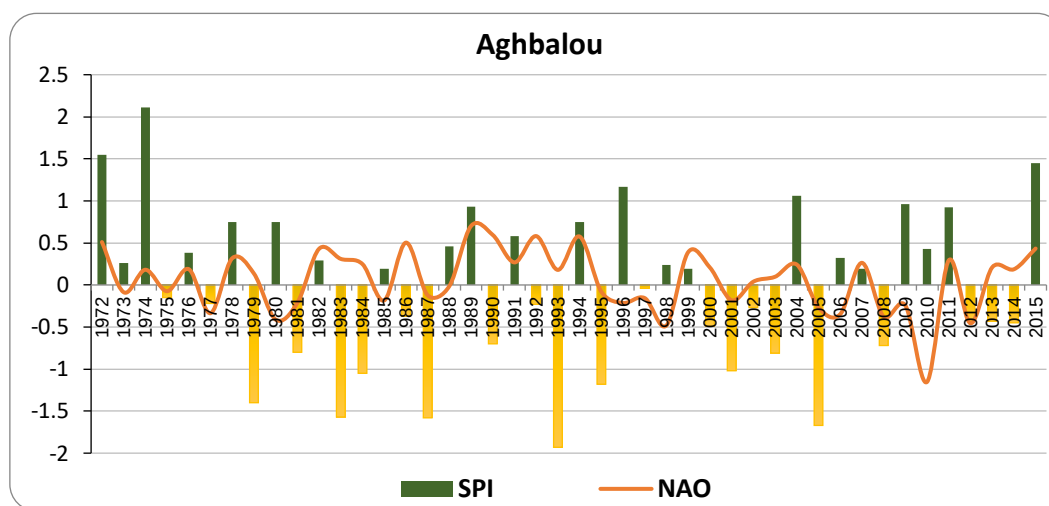


Fig. 6. Evolution of the NAO indice with the SPI index of Aghbalou precipitation on an annual scale during the period 1972-2015

The annual variations in the SPI index of precipitation in Chichaoua during the study period showed that the episodes of 1981, 1983, 1993, 2001, 2005 and 2012 present the strong and extremely dry episodes of the period 1972-2015. With a simple calculation we find that 33% of these periods coincide with the positive phases of NAO. In contrast, the peak of the wet years recorded in 1974, 1978, 1982, 1996, 1997, 2006 and 2009 can be put in relation to a low negative NAO index (fig.7).

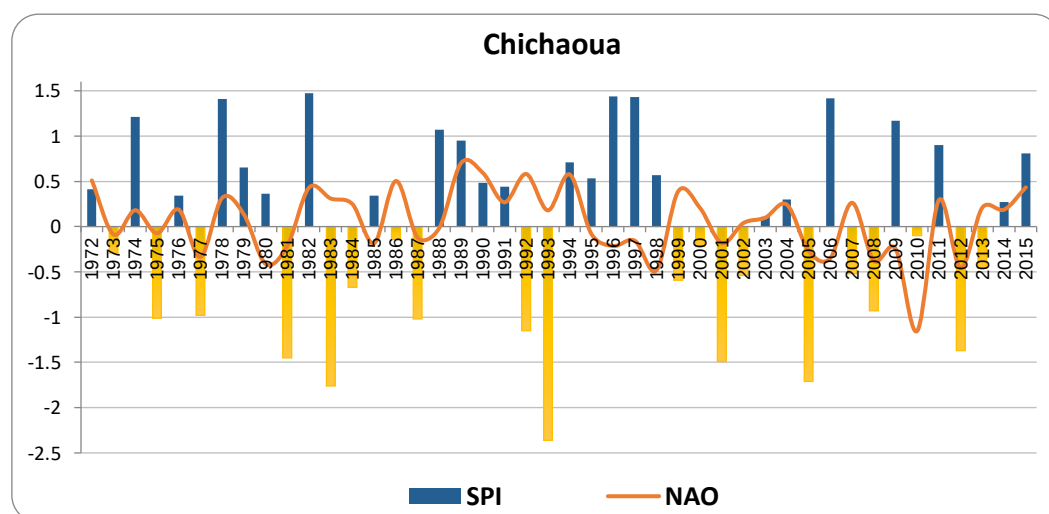


Fig. 7. Evolution of the NAO indice with the SPI index of Chichaoua precipitation on an annual scale during the period 1972-2015

For the Adamna station on an annual scale (1978-2015), the SPI index showed that the years 1981, 1983, 1987, 1992, 1995, 2007 and 2008 of are the driest years at this resort. So, with a simple calculation we find that 57% of these periods coincide with the positive phases of NAO, which explains the reduction in rainfall during these periods. This is also explained by the

reduced effect of these modes, which generally remains fable. On the other hand, the peak of the 1988, 1996, 1997, 2010 and 2011 wet episodes can be linked to a very strong negative NAO index, in particular the years 1997, 2010 and 2011 (fig.8).

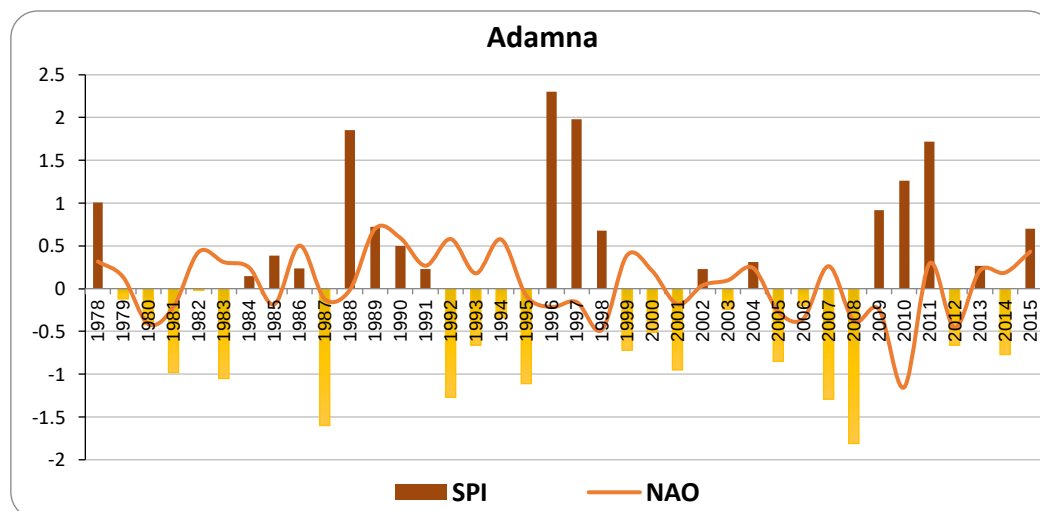


Fig. 8. Evolution of the NAO indice with the SPI index of Adamna precipitation on an annual scale during the period 1978-2015

We analyzed the correlations between the three rainfall series and the climate index (NAO). On an annual scale, it appears that annual precipitation is positively correlated with NAO. The positive correlation means that the precipitation of NAO evolves in the same direction on a temporal scale. The analysis of the relationships between the dry episodes (ISP) and the positive phases of NAO, highlights significant correlation in the stations of Souss-Massa. Overall, it appears that the study area is influenced by the NAO index.

5 CONCLUSION

The study of the indices of the previous drought at the level of the watershed of Tensift generally brings out surplus periods and deficit periods, its periods are interrupted by dry or wet years during the period studied. By the way, the study of the drought indices (PSI) at the level of the watershed of the Tensift generally highlights two periods, the relatively surplus years start from 1988 until 1998, comes after the deficit years between 1999 and 2008, its periods are interrupted by dry or wet years depending on the period. While, the period between 1996-1998 are remarkably humid, and the years 1983 and 1993 are extremely severe at the level of the three stations.

The correlations between the three rainfall series and the climate indices (NAO). On an annual scale, it appears that annual precipitation is positively correlated with NAO. The positive correlation means that the precipitation of NAO. The analysis of the relationships between the dry episodes (ISP) and the positive phases of NAO, highlights a significant correlation for the Tensift, it therefore appears that the basin is influenced by the NAO index.

The influence of the NAO on the rainfall of this region has been well demonstrated, but it is weakened by advancing towards the interior of the country. Other factors of an atmospheric or orographic nature participate in this result. In general, the rainfall in the study area and throughout Morocco is mainly the result of very rapid westerly disturbances accompanied by shallow atmospheric depressions (Knippertz. P, et al. 2003).

REFERENCES

- [1] Abdou A., Thierry L., Abou A. (2008) - Signification et usage de l'indice pluviométrique au Sahel, *Sécheresse*, 19, 227-235.
- [2] Balaghi R., Jlibene M., Tychon B., Mrabet R. - Gestion du risque de sécheresse agricole au Maroc, *Sécheresse*, Volume 18 (3), pp. 169-176. (2007).
- [3] Cheikh Faye, Amadou Abdoul Sow et Jean Baptiste Ndong (2015) - Étude des sécheresses pluviométriques et hydrologiques en Afrique tropicale: caractérisation et cartographie de la sécheresse par indices dans le haut bassin du fleuve Sénégal - p. 17-35 / <https://doi.org/10.4000/physio-geo.4388>.
- [4] Collins. M.J (2009) - Evidence for Changing Flood Risk in New England Since the Late 20th Century. *Journal of the American Water Resources Association*, 45 (2): 279-290.
- [5] Diaz and Markgraf, (2000) - *El Niño and the Southern Oscillation.*, Cambridge University Press, United Kingdom (2000).
- [6] Edwards, D.C. and McKee, T.B. (1997) - Characteristics of 20th Century Drought in the United States at Multiple Times Scales. *Atmospheric Science Paper*, 634, 1-30.
- [7] G.A. Tootle, T.C. Piechota, A. Singh, (2005) - Coupled oceanic-atmospheric variability and US streamflow *Water Resour. Res.*, 41, pp. 1-11.
- [8] Hanchane, M. (2016) - L'impact des mutations climatiques sur le phénomène de la sécheresse au Maroc à partir d'une étude historique. (M. d. islamiques, Éd.) *Daaouat El Hak* (420), 85 -97.
- [9] Hurrell, J. W., Kushnir, Y., Ottersen, G., & Visbeck, M., (2003) - An overview of the North Atlantic oscillation. *Geophysical Monograph-American Geophysical Union*, 134, 1-36.
- [10] Kahya, E., Dracup, J.A., (1993) - US streamflows patterns in relation to the El Nino/Southern Oscillation. *Water Resources Research* 29 (8), 2491-2503.
- [11] Knippertz, P, Christoph, M. and Speth, P. (2003) - Long-term precipitation variability in Morocco and the link to the large-scale circulation in recent and future climates, *Meteorol Atmos Phys* 83, 67-88 / DOI 10.1007/s00703-002-0561-y.
- [12] McKee, T.B., et al. (1993) - The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim, 17-22 January 1993, 6 p.
- [13] Naciri M., (1985) - Calamité naturelles et fatalité historique, *Actes de la conférence sécheresse, gestion des eaux et production alimentaire*, Agadir, pp. 83-101.
- [14] Trouet. V, Esper. J, Graham. N.E, Baker. A, Scourse. J.D, Frank. D.C (2009) - Persistent positive north Atlantic oscillation mode dominated the medieval climate Anomaly. *Science* 324, 78-80.

Systematic Literature Review on social media in Employee Recruitment and Selection (2018-2022)

Smail Saadaoui and Bouchra Belmouffeq

Interdisciplinary Laboratory of Business Engineering, Soft Skills Management and Law (LIASMAD), Faculty of Legal, Economic and Social Sciences Ain Sebaa, Hassan II Mohammadia University, Casablanca, Morocco

Copyright © 2023 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 increasing use of social media in recruitment processes has sparked growing interest in academic literature in recent years. This systematic literature review synthesizes and critically evaluates articles published in indexed journals between 2018 and 2022, aiming to provide a comprehensive understanding of the influence of social media on the recruitment process, identify key trends, challenges, and opportunities, and establish a foundation for future research, and theoretical and practical implications. Platforms such as LinkedIn, Facebook, and Twitter have become indispensable tools in the screening and selection stages of recruitment, leading to a fundamental shift in how employers identify, engage, and hire potential candidates. However, concerns related to privacy, bias, accuracy of information, and ethical and legal challenges need to be addressed. To maximize the potential of social media while minimizing risks, further research is needed to develop best practices for employers, recruitment professionals, and social media platform providers.

KEYWORDS: Social media, recruitment process, systematic literature review.

1 INTRODUCTION

1.1 BACKGROUND AND CONTEXT

The widespread adoption of social media and advancements in technology have revolutionized the way organizations recruit and select employees (Alarcon et al., 2019; Frączek, 2020). The increased connectivity has made it easier than ever for companies to reach potential candidates, gather information, and make informed hiring decisions (Hosain et al., 2020). Consequently, the use of social media in recruitment and selection has grown significantly in recent years, with platforms such as LinkedIn, Facebook, and Twitter becoming essential tools for many organizations, this development has fundamentally changed the hiring process and transformed the way companies find and select employees (Koch et al., 2018; Ariana Emanuela, 2018).

1.2 PURPOSE AND RESEARCH QUESTIONS

This systematic literature review aims to synthesize the existing literature to answer the following research questions: - What are the key trends in using social media for employee recruitment and selection between 2018 and 2022?

- What benefits and challenges do organizations face when using social media in recruitment and selection?
- How do social media platforms impact the candidate experience?
- What are the legal and ethical considerations associated with using social media in recruitment and selection?

By critically evaluating current research findings, this review identifies current research boundaries, gaps, and opportunities for future research, and provides theoretical and practical implications.

1.3 SCOPE AND LIMITATIONS

This review focuses on articles from indexed journals published between 2018 and 2022, specifically addressing the use of social media in recruitment and selection. As social media platforms and their functionalities evolve rapidly, some findings may become obsolete swiftly. Additionally, the assessment only considers English-language articles, potentially omitting pertinent research in other languages. Despite the increasing interest in employing social media for recruitment purposes, a unified understanding of its effectiveness and optimal practices is yet to be reached (Murire et al., 2020). Some research has deemed social media a valuable recruitment instrument, while other studies have expressed concerns regarding privacy, bias, and the veracity of information from social media profiles (Alarcon et al., 2019; Hosain et al., 2020).

2 METHODS

2.1 SEARCH STRATEGY

We carried out a methodical review of scholarly databases, encompassing Ebsco, Elsevier, Emerald, and Google Scholar, utilizing key terms like "social media," "employee recruitment," "employee selection," "hiring," and "online screening." Additionally, we conducted manual searches of pertinent journals and reference lists from the selected studies. After examining 45 articles, we narrowed it down to 17 articles for the ultimate review, which served as the foundation for the findings to be explored.

2.2 INCLUSION AND EXCLUSION CRITERIA

We included articles that met the following criteria:

- Published in the four chosen indexing databases between 2018 and 2022
- Focused on the use of social media in employee recruitment and selection
- Reported empirical research or systematic reviews

We excluded articles that:

- Not in English
- Published outside the specified date range
- Did not focus on the use of social media in recruitment and selection processes

2.3 DATA EXTRACTION AND SYNTHESIS

To address the research questions stated in section 1.2, we extracted data from the included studies. The data extraction process focused on collecting the following details:

- Author (s) and title.
- Publication year.
- Research design.
- Social media platforms investigated.
- The key findings.
- Research gaps.

By extracting this data, we aimed to critically evaluate the current research findings, synthesize the existing literature, gaps and opportunities for future research, providing theoretical and practical implications.

3 RESULTS

Table 1 provides a summary of the articles related social media in recruitment process published in the chosen databases from 2018-2022, along with their main findings and identified research gaps.

Table 1. Summary table of 17 chosen publications

Author (s)	Title	Publication Year	Research Design	Social Media Platforms Investigated	Findings	Gaps identified
Kevin E. Henderson	They posted what? Recruiter use of social media for selection	2018	Survey	Facebook, LinkedIn, Twitter	Recruiters review applicants' social media (52.6%) for professionalism, work experience, skills, and resume discrepancies. Inappropriate behavior leads to rejection. 49% of recruiters who don't use social media feel it contains irrelevant information, or cite legal concerns and lack of resources.	There is a limited understanding of recruiters' criteria when using social media for screening, and it is unclear how this method fits with other selection techniques. Research is needed to assess the effectiveness of social media screening in predicting job performance, address potential biases and ethical concerns, and provide guidance for organizations to minimize legal risks and uphold ethical standards.
Helle Kryger Aggerholm and Sophie Esmann Andersen	Social Media Recruitment 3.0 Toward a new paradigm of strategic recruitment communication	2018	Reflexive Dialogical Practice	Facebook, LinkedIn,	Web 3.0 strategy involves open source recruitment and shifting employee focus from work to personal life. However, it presents challenges in control, ownership, and power dynamics, requiring organizations to be careful in entering the social media employment market.	Further research is needed to confirm the study's findings since it's limited to a single case. Longitudinal studies are required to examine the long-term implications of Web 3.0 recruitment strategies and their integration with overall corporate communication. Additionally, more research is needed on the ethical implications of stealth marketing in recruitment communication.
Tal Ariana Emanuela	The Impact of Social Media on Recruitment	2018	Literature review	LinkedIn, Facebook, Twitter,	Social media impacts recruitment in terms of cost, time, access to a large pool of qualified candidates, and competitive advantage. However, ethical and security issues are significant challenges.	More research is needed on the ethical implications of using social media for recruitment, as well as on the impact of social media on specific groups such as women, minorities, and individuals with disabilities. Additionally, research should explore the use of social media in recruitment in different cultural and legal contexts.
Tanja Koch, Charlene Gerber, Jeremias J. de Klerk	The impact of social media on recruitment: Are you LinkedIn?	2018	qualitative research	LinkedIn, Twitter, Facebook	LinkedIn is a crucial part of the recruitment process in South Africa, while Twitter and Facebook are used less. Recruiters do not view social media as a cure-all solution to recruitment. LinkedIn is replacing	Study conducted only in South Africa Small sample size and limited to individual recruiters in recruitment companies Need for research on the use of social media by recruiters in corporate companies

					company databases to search for potential candidates. However, the high volume of candidates from social media, especially LinkedIn, limits effective use of the pool.	Study did not examine in detail the impact of recruitment through different social media platforms Further research needed on the effectiveness of training for recruiters on social media, especially Twitter.
Elizabeth C. Alexander, Deanna R. D. Mader, and Fred H. Mader	Using social media during the hiring process: A comparison between recruiters and job seekers	2019	Survey	Facebook, Twitter, LinkedIn, Google+, Instagram, Pinterest, MySpace, SecondLife	Recruiters and job seekers have different perceptions of social media content. 2. Socially unacceptable behaviors are rated more negatively than acceptable ones. 3. Recruiters may rate certain activities higher than job seekers.	Further research is required to understand the users of social media for hiring, their evaluation methods, and job seekers' social media usage. The influence of industry, position, and organizational factors on post evaluation should be investigated, and guidelines for appropriate social media use for job seekers should be developed.
Marieke Carpen Hoyer, and Qing	Social Media Recruitment: Communication Characteristics and Sought Gratifications	2019	2x2 between-subjects experimental	WeChat	Orgs can manipulate info and social presence on social media. 2. Relevant info on social media positively affects org attractiveness, but only when social presence is high. 3. Sought gratifications affect how communication characteristics affect potential applicants' attitudes.	External validity is uncertain. Limited generalizability to other contexts or countries. Communication characteristics in different recruitment stages not investigated. No examination of the impact of employees sharing vacancies through personal networks.
Delores Alarcon, Angela Valadez, Anna Waller, Sandra DeGrassi, Heather Staples	Follow Me: The Use of Social Media in Recruitment	2019	Survey	Facebook, Twitter, LinkedIn	Social media presence can influence recruiters' perceptions of applicants' interpersonal skills and person-organization fit. Positive social media use may be more important than qualifications in some cases. Social media can provide additional information for recruiters, supporting the image theory decision-making framework. Recruiters' impressions of candidates based on social media can impact their hiring recommendations and likelihood to pursue an applicant	Study only included HR professionals, not providing a balanced perception of hiring. Use of scenarios is a limitation, future studies should focus on practical implementation. Regional bias may exist, future research should include participants from other regions and globally to explore demographic differences. Validity of using social media as a hiring tool, legal implications, and organizational policies require further exploration.

Mushfiquir Rahman, Erhan Aydin, Mohamed Haffar, Uzoechi Nwagbara	The role of social media in e-recruitment process: empirical evidence from developing countries in social network theory	2020	Mixed-methods literature review, triangulated and qualitative research	Facebook, LinkedIn, Twitter, Myspace	E-recruitment is cost-effective, increases search range, and reduces employee turnover. Social media broadens the pool of potential applicants and strengthens ties between applicants and businesses. E-recruitment in developing countries may use social network theory to manipulate applicants and create barriers.	Further research is needed to examine the negative aspects of e-recruitment in various countries and investigate how institutional theory and social network theory can inform the role of technology and its effects. Additionally, exploring different organizational contexts can provide a more comprehensive understanding of e-recruitment processes.
François L'ecuyer and Claudia Pelletier	Exploration of Social Media Capabilities for Recruitment in SMEs: A Multiple Case Study	2020	Multiple Case Study	Facebook, LinkedIn, and Instagram	SMEs frequently overlook social media for recruitment and lack structured usage. Recruitment through social media is often informal, involving marketing staff. SMEs face challenges in knowledge, skills, and attitudes related to social media recruitment. The ICEM model can assess SMEs' social media recruitment capabilities.	There is a need to incorporate social media knowledge in recruitment criteria and provide training. Social media usage should be structured in SMEs to benefit from its advantages. Further exploration of the topic in a broader range of SMEs is needed to avoid premature generalizations.
Obrain Murire, Chinyamurindi,	Challenges faced by employers when using social media for recruitment and selection purposes	2020	Systematic Literature Review	Facebook, LinkedIn, Twitter	Employers encounter challenges when using social media for recruitment, such as privacy invasion and lack of data supporting information accuracy. Five critical success factors can help overcome these: developing a social media policy, ensuring compliance with laws, training HR personnel, identifying a social media champion, and developing policies for recruitment.	More research is needed on the challenges faced by South African graduates when using social media for employment purposes and how to educate them on the impact of social media in their job search process. Qualitative studies can help gain a deeper understanding of graduates' perspectives, and future research can explore effective methods of education and preparation.
Md. Sajjad Hosain, Abu Hena Mohammad Manzurul	E-recruitment: A Social Media Perspective	2020	Literature Review	Facebook, LinkedIn, Twitter, Snapchat	Integration of social media in e-recruitment can have advantages and pitfalls. The benefits include reaching a broader pool of	More research is needed on e-recruitment using social media, as this is an under-researched area in HRM. There is a need for further investigation into

Arefin, and Md. Altab Hossin					candidates, cost-effectiveness, and efficient and timely communication. Pitfalls include potential legal and ethical issues, privacy concerns, and difficulties in managing candidate data. Recommendations for effective and negative consequence-free utilization include developing a comprehensive social media policy, ensuring compliance with legal requirements, training recruiters on best practices, and regularly monitoring and reviewing recruitment practices.	the practical implications of this integration.
Adriana Frączek	Social Media in the Employee Recruitment Process	2020	Survey	Facebook	Social media is a popular and increasingly used source of recruitment, with internet users setting up accounts on social networking sites with recruitment purposes in mind.	Study limited to Poland, limiting generalizability to other regions. Self-reporting bias and limited insights due to the use of survey method. No exploration of the impact of other recruitment sources on the effectiveness of social media recruitment.
Nuno Melão, João Reisb, c,d	Social networks in personnel selection: profile features analyzed and issues faced by hiring professionals	2021	mixed methods Survey and semi-structured interviews	Facebook, LinkedIn,	Selectors often examine job-related characteristics, but they also acknowledge scrutinizing protected personal information and non-job related attributes. The evaluation of profile features revealed three clear trends: rejecting candidates during initial screening or after an in-person interview, and gathering supplementary details about candidates to gain a deeper understanding of them. Experts emphasized concerns regarding privacy, impression management, standardization, and potential biases.	limited understanding of the specific profile features that selectors assess when using social networking sites (SNS) for hiring decisions, and the lack of insight into the challenges selectors face while utilizing SNS in personnel selection. The study aims to address these gaps by investigating the profile features that influence hiring decisions and identifying the key issues faced by selectors when using SNS for personnel selection

Robyn Brouer, Rebecca Badawy, Michael Stefanone	Social media and recruitment: examining (counter) productive diversity messages	2021	Experiment conducted	LinkedIn	Inconsistent diversity signals had negative effects on perceived organizational attractiveness and organizational agreeableness, leading to a lower likelihood of participants applying for the job. Signaling diversity-related values on corporate websites may backfire for organizations that actually lack diversity.	Few studies have combined communication theories with recruitment to examine the link between diversity signals and inconsistent information gathered via social media. Future research can consider other social media platforms and overcome limitations related to assumptions about individuals paying attention to signals from other sources.
Ashutosh Muduli, Jignesh Trivedi, Sameer Pingle	Social media recruitment and culture: an empirical study	2021	Empirical study	Facebook, Twitter, LinkedIn, Instagram	Social media recruitment is related to pre-hire and post-hire outcomes, and culture has a mediating effect on this relationship. Recruiters use social media because it provides easy access to quality candidates, genuine resources, active processing, favorable responses, meets timelines, and saves costs. The study found that Indian culture, characterized by high power distance, femininity, collectivism, long-term orientation, and high uncertainty avoidance, supports the adoption of social media for recruitment.	Study limitation due to its geographic location, which may not be generalizable to other areas. Only measured the perception of recruiters and not the recruits. Future research can include a comparative effectiveness study of available social network sites. More nuanced approaches can be applied to achieve balanced outcomes in the public sector. Future research can consider both the recruiter and the recruitee to gain a more comprehensive understanding of social media recruitment effectiveness.
Salma Waheed, Abdul Waheed, Abdul Majeed	Impact of Social Media on Effective E-recruitment and Selection in Construction Industries of Pakistan	2021	Survey	Facebook, LinkedIn, Rozee.com, Career.com	SNSs are increasingly used in E-recruitment and selection in Pakistan's construction industries, with Facebook being the most popular social- oriented site (52% of applicants) and LinkedIn, Rozee.com, and Career.com being the most popular business-oriented sites (48% of applicants). The scope of networking is a predictor of effective E-recruitment and selection, with significant influence on	The study is limited to the construction industry in Pakistan, which may not be generalizable to other industries or regions. The research design relies on a survey method, which may introduce self-reporting bias and limit the depth of insights. The study does not investigate the potential impact of other popular social media platforms on E-recruitment.

					target group orientation and time efficiency. Additionally, the privacy and safety of the sites are significantly related to the range of applicants.	
Ionica Oncioiu, Emanuela Anton, Ana Maria Ifrim, Diana Andreea Mândricel	The Influence of Social Networks on the Digital Recruitment of Human Resources: An Empirical Study in the Tourism Sector	2022	Survey	Social media platforms used for recruitment in tourism	A digital recruitment strategy supported by social media and employer branding is crucial for successful human resources practices in tourism. Online company reputation and the candidate's experience significantly influence the effectiveness of digital recruitment strategies. Applicant-centered design and personalized content are promising. Social networks offer greater employment opportunities due to the large number of companies on the platform. The role of digital human resources management in digital transformation will be decisive.	The study has a limited focus on employer's perspective and does not consider the candidate's experience in depth. The analysis is restricted to social media platforms and is cross-sectional, limiting cause-effect relationships. The study also overlooks some important constructs of social networks that could affect the success of digital recruitment strategies. Future research should consider investments in continuing education and balancing company interests with those of employees.

3.1 OVERVIEW OF THE LITERATURE

The literature reveals a growing importance of social media in recruitment and selection processes. Numerous studies have been conducted on various aspects of social media usage in recruitment, focusing on its advantages, challenges, and the different platforms used for this purpose. These studies encompass a range of research designs, including surveys, interviews, experiments, and content analyses. They primarily focus on the use of popular social media platforms such as LinkedIn, Facebook, and Twitter for recruitment and selection, but also explore emerging platforms like Instagram.

3.2 KEY TRENDS

Some key trends identified in the literature include:

- Increasing use of social media for recruitment: More organizations are integrating social media into their recruitment strategies as a means to reach a broader audience and improve efficiency.
- Impact on candidate experience: social media has transformed the way candidates search for jobs, engage with organizations, and evaluate potential employers, making the candidate experience more interactive and transparent.
- Growing importance of privacy and legal concerns: As organizations increasingly rely on social media for recruitment, privacy and legal issues have become more significant, prompting the need for clear guidelines and policies.
- Integration of social media screening into the selection processes: Many organizations are now using social media profiles to screen candidates, which has led to ethical and legal debates about privacy and discrimination.

- Emergence of new social media platforms and practices in recruitment: Innovative uses of platforms like Instagram for employer branding and engaging younger job seekers are becoming more common.

3.3 SOCIAL MEDIA PLATFORMS USED IN RECRUITMENT AND SELECTION

Popular platforms for recruitment and selection include LinkedIn, Facebook, and Twitter. LinkedIn is primarily used for professional networking, job advertising, and sourcing passive candidates. Facebook and Twitter are often employed for employer branding, candidate engagement, and job postings (Koch et al., 2018; Ariana Emanuela, 2018). Emerging platforms like Instagram are gaining popularity for showcasing company culture, engaging younger job seekers, and connecting with candidates in creative industries (L'Ecuyer & Pelletier, 2020).

3.4 BENEFITS OF USING SOCIAL MEDIA IN RECRUITMENT AND SELECTION

Social media offers several benefits for recruitment and selection:

- **Cost-efficiency:** Advertising job openings and engaging with potential candidates on social media is often more cost-effective than traditional methods, reducing overall recruitment expenses.
- **Time-saving:** Social media enables recruiters to quickly identify and engage with passive candidates who may not actively apply for jobs through traditional channels.
- **Wider candidate pools:** Social media allows organizations to reach out to a larger and more diverse audience, enhancing the overall quality of the applicant pool. ▪ **Competitive advantage:** Companies that use social media effectively can gain a competitive edge in attracting top talent and building a strong employer brand.
- **Better candidate fit:** Social media can provide additional information about candidates that may not be available through traditional methods, allowing recruiters to better assess candidate fit for the organization.
- **Enhanced candidate experience:** Direct communication and engagement through social media can create a more personalized and positive candidate experience.

3.5 CHALLENGES AND ETHICAL CONSIDERATIONS

The use of social media in recruitment and selection also presents challenges and ethical concerns:

- **Privacy concerns:** Screening candidates based on their social media profiles may raise privacy concerns and potential discrimination based on non-job-related factors.
- **Potential biases:** Recruiters may unintentionally form biased opinions about candidates based on their social media profiles, leading to unfair and potentially discriminatory hiring decisions.
- **Lack of standardization:** The absence of standardized guidelines for social media usage in recruitment can lead to inconsistencies and potential legal issues.
- **Reliability and validity of information:** The accuracy of information presented on social media profiles can be questionable, making it difficult for recruiters to assess candidates fairly and objectively.
- **Ethical and security issues:** Organizations must navigate ethical dilemmas and security risks associated with using social media in recruitment and selection.

3.6 IMPACT ON THE CANDIDATE EXPERIENCE

Social media has a considerable influence on candidates' experiences during the recruitment process:

- **Enhanced accessibility:** Social media provides job seekers easy access to postings, employer information, and engagement opportunities, expanding their options and helping them find suitable positions. ▪ **Improved transparency:** Candidates gain insights into company culture, values, and environment through social media, enabling informed decisions about potential employers and career-aligned organizations.
- **Expectation for privacy:** With social media prevalent in recruitment, candidates expect employers to respect their privacy and avoid invasive screening or inappropriate use of personal information.
- **Positive engagement:** Direct communication and personalized information create an engaging, positive candidate experience, strengthening employer branding.
- **Negative experiences:** Factors like inconsistent diversity signaling and intrusive screening can deter job seekers. Companies should ensure fair, transparent, and privacy-respecting recruitment practices.

3.7 LEGAL ASPECTS AND CONCERNS

The use of social media in recruitment and selection raises several legal concerns:

- Invasion of applicant privacy: Accessing candidates' social media profiles without their consent may violate privacy laws, such as the General Data Protection Regulation (GDPR) in the European Union.
- Compliance with existing laws: Organizations must ensure that their social media recruitment practices comply with relevant anti-discrimination regulations, such as the U.S. Equal Employment Opportunity Commission's (EEOC) guidelines.
- Development of social media policies for recruitment: Establishing clear policies and guidelines for social media usage in recruitment can help address privacy and legal concerns, ensuring a consistent and fair approach across the organization.
- Proper training for HR personnel: HR professionals must be trained on the legal implications of using social media in recruitment and selection, as well as best practices for mitigating potential risks.
- By understanding the advantages, challenges, and legal aspects of using social media in recruitment and selection, organizations can effectively harness the power of these platforms to improve their recruitment processes, create better candidate experiences, and ultimately hire the best talent.

4 DISCUSSION

4.1 BEST PRACTICES FOR USING SOCIAL MEDIA IN RECRUITMENT AND SELECTION

Based on the findings from the literature, several best practices can be identified for using social media in recruitment and selection processes:

- Develop a comprehensive social media strategy: Organizations should create a well-defined social media strategy that outlines the platforms, content, and engagement tactics to be used for recruitment and selection. This strategy should be regularly reviewed and updated to ensure alignment with the organization's goals and changing trends in social media usage.
- Prioritize transparency and respect for privacy: To address candidate concerns about privacy and potential discrimination, organizations should be transparent about their social media screening practices and respect candidates' privacy. This may include obtaining consent before accessing social media profiles, focusing on job-related information, and avoiding intrusive screening techniques.
- Use multiple platforms to reach a diverse audience: To maximize the potential of social media in recruitment and selection, organizations should leverage multiple platforms to reach a wider and more diverse candidate pool. This may involve using professional networking sites like LinkedIn, as well as other popular platforms like Facebook, Twitter, and Instagram, depending on the target audience and industry.
- Train recruiters on ethical and legal considerations: To ensure compliance with legal and regulatory requirements and minimize the risk of unconscious bias, organizations should provide training and guidance for recruiters on ethical and legal aspects of using social media in recruitment and selection.
- Monitor and adapt to emerging trends and platforms: social media is constantly evolving, with new platforms and features being introduced regularly. Organizations should be up-to-date with emerging trends and platforms to ensure their recruitment and selection strategies remain effective and relevant.

4.2 FUTURE RESEARCH DIRECTIONS

Future research in the area of social media in recruitment and selection could focus on the following topics:

- Investigating the effectiveness of newer social media platforms in attracting and engaging job candidates, particularly in specific industries or for specific job roles.
- Exploring the impact of social media algorithms on the visibility of job postings and the diversity of candidate pools, as well as potential strategies for optimizing job postings to reach a wider audience.
- Examining the role of artificial intelligence (AI) and machine learning in automating and enhancing social media screening processes, including the potential benefits and challenges associated with these technologies.
- Investigating the long-term effects of social media use in recruitment and selection on organizational performance, employee retention, and employee satisfaction.

- Evaluating the effectiveness of different strategies and interventions to address ethical, legal, and privacy concerns in using social media for recruitment and selection.

5 CONCLUSION

The growing importance of social media in recruitment and selection processes has been emphasized through a systematic literature review between 2018 and 2022. Social media platforms such as LinkedIn, Facebook, and Twitter offer numerous benefits to organizations, including cost-efficiency, access to larger and more diverse candidate pools, enhanced employer branding, and increased organizational attractiveness. However, the integration of social media in e-recruitment also presents challenges, including privacy concerns, ethical dilemmas, and potential biases.

To maximize the potential of social media in recruitment and selection while minimizing risks and enhancing the candidate experience, organizations must adopt best practices such as developing a comprehensive strategy, prioritizing transparency, using multiple platforms, and providing training for recruiters on ethical and legal considerations. Future research directions should focus on the effectiveness of new social media platforms, the role of AI and machine learning in the recruitment process, and the long-term effects of social media use on organizational performance and employee satisfaction. Additional research is needed to address ethical and legal concerns, as well as to understand the impact of social media on specific groups and different cultural and legal contexts.

THEORETICAL IMPLICATIONS:

The growing importance of social media in recruitment and selection processes highlights the need for theoretical frameworks that address the benefits, challenges, and ethical considerations associated with social media usage in hiring practices.

The impact of social media on the candidate experience and its influence on the recruitment process warrants further investigation, potentially leading to the development of new theories or models that account for the evolving role of social media in recruitment and selection.

PRACTICAL IMPLICATIONS:

Organizations should develop a comprehensive social media strategy for recruitment and selection that outlines the platforms, content, and engagement tactics to be used, and regularly review and update this strategy to align with their goals and changing trends.

Prioritize transparency and respect for privacy by obtaining candidate consent before accessing social media profiles, focusing on job-related information, and avoiding intrusive screening techniques.

Leverage multiple social media platforms to reach a wider and more diverse candidate pool, adapting to emerging trends and platforms to keep recruitment strategies relevant and effective.

Provide training and guidance for recruiters on ethical and legal aspects of using social media in recruitment and selection, ensuring compliance and minimizing the risk of unconscious bias.

REFERENCES

- [1] Aggerholm, H. K., & Andersen, S. E. (2018). Social Media Recruitment 3.0: Toward a new paradigm of strategic recruitment communication. *Journal of Communication Management*, 22 (2), 122-137.
- [2] Alarcon, D., Valadez, A., Waller, A., DeGrassi, S., & Staples, H. (2019). Follow Me: The Use of Social Media in Recruitment. *The Journal of Social Media in Society*, 8 (2), 2 -17.
- [3] Ariana Emanuela, T. (2018). The Impact of Social Media on Recruitment. «Ovidius» University Annals, Economic Sciences Series. Volume XVIII, Issue 2.
- [4] Brouer, R., Badawy, R., & Stefanone, M. (2022). Social media and recruitment: Examining (counter) productive diversity messages. *Organization Management Journal*, 19 (1), 34 -43.
- [5] Carpentier M, Van Hoyer G and Weng Q (2019) Social Media Recruitment: Communication Characteristics and Sought Gratifications. *Front. Psychol.* 10: 1669. doi: 10.3389/fpsyg.2019.01669.

- [6] Elizabeth C. Alexander, Deanna R. D. Mader & Fred H. Mader (2019) Using social media during the hiring process: A comparison between recruiters and job seekers, *Journal of Global Scholars of Marketing Science*, 29: 1, 78-87, DOI: 10.1080/21639159.2018.1552530.
- [7] Frączek, A. (2020). Social Media in the Employee Recruitment Process. *Studia Gdańskie. Wizje i rzeczywistość*, 17, 1-19.
- [8] Hosain, M. S., Arefin, A. H. M. M., & Hossin, M. A. (2020). E-recruitment: A Social Media Perspective. *Asian Journal of Economics, Business and Accounting*, 16 (4), 51 -62.
- [9] K.E. Henderson, They posted what? Recruiter use of social media for selection, *Organ Dyn* (2018).
- [10] Koch, T., Gerber, C., & De Klerk, J.J. (2018). The impact of social media on recruitment: Are you LinkedIn? *SA Journal of Human Resource Management/SA Tydskrif vir Menslikehulpbronbestuur*, 16 (0), a861. <https://doi.org/10.4102/sajhrm.v16i0.861>
- [11] L'Écuyer, F., & Pelletier, C. (2020). Exploration of Social Media Capabilities for Recruitment in SMEs: A Multiple Case Study. In *HRM 4.0 For Human-Centered Organizations (Advanced Series in Management, Vol. 23, pp. 221 -239)*. Emerald Publishing Limited.
- [12] Melão, N., & Reis, J. (2021). Social networks in personnel selection: Profile features analyzed and issues faced by hiring professionals. *Procedia Computer Science*, 181, 42 -50.
- [13] Muduli, A., Trivedi, J. and Pingle, S. (2021) 'Social media recruitment and culture: an empirical study', *Int. J. Indian Culture and Business Management*, Vol. 22, No. 3, pp.364 –382.
- [14] Murire, O., Chinyamurindi, W., & Cilliers, L. (2020). Challenges faced by employers when using social media for recruitment and selection purposes. *Conference on Information Communications Technology and Society (ICTAS)* (pp. 1-6). IEEE.
- [15] Oncioiu, I.; Anton, E.; Ifrim, A.M.; Mândricel, D.A. The Influence of Social Networks on the Digital Recruitment of Human Resources: An Empirical Study in the Tourism Sector. *Sustainability* 2022, 14, 3693.
- [16] Rahman, M., Aydin, E., Haffar, M., & Nwagbara, U. (2020). The role of social media in e- recruitment process: Empirical evidence from developing countries in social network theory. *Journal of Enterprise Information Management*.
- [17] Waheed, S., Hongxia, L., Waheed, A., Habib, S., & Majeed, A. (2018). Impact of Social Media on Effective E-recruitment and Selection in Construction Industries of Pakistan. In *2018 2nd IEEE Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC)* (pp. 1-6). IEEE.

Selection and agronomic variability of twenty-nine accessions for the yield of bambara groundnut [*Vigna subterranea* (L.) Verdcourt] cultivated in the Far West of Niger

Abdou Zakary Yaou Ibrahim¹, Maina Fanna², Alhassane Agali³, Ali Malam Labo Mohamed⁴, Harouna Issa Amadou¹, and Idi Saidou Sani⁵

¹Laboratory for the Management and Valorization of Biodiversity in the Sahel (GeVaBioS), Faculty of Science and Techniques, BP 10662 Ny, Abdou Moumouni University, Niger

²Regional Agricultural Research Center of the National Institute of Agronomic Research of Niger (INRAN), Niger

³Information and Research Department, Regional Center, AGRHYMET, BP: 11011, Niamey, Niger

⁴The International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Niger

⁵Plant Production and Biodiversity Department of Agronomic Sciences Faculty, University of Diffa, BP: 78, Diffa, Niger

Copyright © 2023 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: Bambara groundnut is a food legume grown mainly by women. In Niger, this plant is mainly cultivated without improved techniques, while improving the production of this crop can contribute to ensuring food security. The objective of this work is to characterize twenty-nine accessions of Bambara groundnut cultivated in the Far West region of Niger to evaluate their agro-morphological diversity and selected the best accessions for yield. The study was carried out according to a randomized complete block design with four replications. Sixteen (16) characters, including four (4) phenological, four (4) morphological, and eight (8) related to yield, were evaluated to characterize the accessions. Descriptive statistical analysis showed coefficients of variation fluctuating between 2.80% and 40.46%. Significantly high values (CV>20%) were observed for 8 of the 16 metric traits analyzed. The strongest correlations reflecting a high variability of the characters within the studied collection are obtained between the number of petioles and the number of leaves ($r=0.99$), the weight of seeds and the yield ($r=0.99$), pod weight and seed weight ($r=0.97$), pod weight and yield ($r=0.97$). The results revealed a great morphological diversity of the vegetative and yield characters allowing to group the accessions in three (3) groups of which the first one is composed of accessions performing in the characters related to the yield, the second one is composed of accessions performing in yield and seeds, and the third one gathers the accessions having similar phenological characters. Accessions Do 024 (782.60 kg/ha), Do 001 (732.51 kg/ha), Do 013 (688.33 kg/ha), and Do 016 (685.84 kg/ha), Do 019 (646, 02 kg/ha), Do 011 (623.16 kg/ha), Do 007 (623.00kg/ha), Do 036 (621.60 kg/ha) and Do 003 (605.42 kg/ha) produced the highest yields in kg/ha.

KEYWORDS: *Vigna subterranea* L., Diversity, Accessions, Yield, Dosso, Niger.

1 INTRODUCTION

In 1992, Wilson [1] estimated that 7000 plant species are harvested for food worldwide. Major crops have significant global land cover, well-developed marketing systems, and market research, and receive maximum research attention, while underutilized crops lack such support systems [2]. These underutilized crops rely only on fragmentary knowledge and often on qualitative local evidence from growers rather than multi-location research covering the entire supply chain. Bambara groundnut or Bambara pea, one of the underutilized crops, is generally highly valued in countries where it is traditionally grown, especially in sub-Saharan Africa [3]. It is a plant that produces average yields ranging from 350 to 800 kg/ha in regions where the soil is poor and the rainfall low [4]. According to Azam-Ali *et al.*, [5] Yields can, reach 3000 to 3500 kg/ha under controlled

conditions with the use of fertilizers. Recent work has shown in this variety the existence of significant variability at the morphological, agronomic, and molecular level [6; 7; 8; 9; 10]. According to Baudoin [11], this genetic diversity has been accumulated under the effect of natural and human selection and is therefore very poorly exploited in the management of available resources. Several accessions collected in different regions of Niger have contrasting characters [12]. Unfortunately, very little information is currently available on the genetic and agro-physiological diversity of this species which, however, should be taken into account in the design of genetic and agronomic selection programs in the country and the West African sub-region [7]. The creation of varieties involves the use of plant material with wide genetic variability. This study aims to assess the agronomic variability of accessions collected in the southern region of Niger through the analysis of their phenological, morphological, and agronomic characteristics.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 MATERIAL

The plant material is composed of seeds from 29 Bambara groundnut accessions from the Dosso region (Table 1), which were obtained from the Department of Biology of the Faculty of Science and Technology (FAST) of the Abdou Moumouni University of Niamey as part of the collection carried out throughout the country of Niger from 2012 to 2013 [12].

Table 1. List of accessions and municipalities covered by the study in the Dosso region of Niger

N°	Accessions	Communes	N°	Accessions	Communes
1	Do 001	Yellou	16	Do 019	Dosso
2	Do 002	Dosso	17	Do 022	Yellou
3	Do 003	Tibiri	18	Do 023	Dosso
4	Do 004	Yellou	19	Do 024	Yellou
5	Do 006	Gaya	20	Do 025	Kara-Kara
6	Do 007	Kara-Kara	21	Do 029	Zabori
7	Do 008	Yellou	22	Do 030	Kassari
8	Do 009	Yellou	23	Do 031	Yellou
9	Do 011	Fakara	24	Do 035	Yellou
10	Do 013	Tibiri	25	Do 036	Yellou
11	Do 014	Dosso	26	Do 037	Yellou
12	Do 015	Dosso	27	Do 038	Zabori
13	Do 016	Boboye	28	Do 040	Tibiri
14	Do 017	Dosso	29	Do 041	Kassari
15	Do 017	Dosso			

2.2 METHODS

The experiment was conducted during the 2021 rainy season at the research station of the of the Radio-Isotopes Institute (IRI), which is located on the right side of the Niger River, precisely on the campus of Abdou Moumouni University (UAM) at (13°29 north latitude and 2°10 east longitude). The terrain is deep, little evolved, ferruginous tropical soil on poorly leached dune sand. The superficial horizon (0 and 50cm) is characterized by a strong dominance of sand (96%) with only 0.16% organic matter and a very low cation exchange capacity (1.3mèq/100g of soil). The assimilable phosphorus content of the surface horizon is 3ppm (Bray Method1); the fixing power i being low (r/R 0.4). The pH is slightly acidic with a low water retention capacity (8 to 11.2cm³/100cm³). During this study, the rainfall in the area was a total of 512.5 mm thirty-eight (38) rainy days.

The experimental design consisted of 4 blocks of 13.75m² (5.5mx2.5m) spaced 1m apart. In a block there are 3 plots of 3.75 m² (2.5mx1.5m) containing at least 9 lines of accessions. The seeds are sown in pure culture on fallow land in July 2021. They are buried in the ground 2 cm deep with a spacing of 0.25m in plots spaced 0.5m apart. Two seeds per accession are sown 7 times on the same line (only one will be left after germination and out of the ground). Each accession is thus represented by 28 plants.

2.3 DATA COLLECTION

Data collection was carried out following the indications given in the list of the Bambara groundnut descriptors [13]. Nineteen (19) agro-morphological parameters from this list were selected. These are three (3) qualitative parameters, four (4) phenological parameters, four (4) morphological parameters and eight (8) yield and yield-related parameters (Table 2).

Table 2. Quantitative variables used for the evaluation of local races of Bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.)

Traits	Codes	Descriptions	Units
<i>Qualitative traits</i>			
1. Seed coat color		Recorded in two months after harvest	
2. Eye shape		Recorded in two months after harvest	
3. eye color		Recorded in two months after harvest	
<i>Phenological traits</i>			
4. Days to emergence	DE	The number of days from planting to the arrival of 1st typical leaf on the soil surface.	DAS
5. Days to flowering	DF	This parameter corresponds to the number of days elapsed between sowing and the appearance of the first flower.	DAS
6. Days to 50% flowering	50F	Taken from seed germination to the arrival of 50% flowering (s)	DAS
7. Days to maturity	DM	Days number from sowing to initial time of harvest	DAS
<i>Quantitative traits</i>			
8. Plant height	PH	Measured from ground level (at the base of the plant) to the tip of the highest point, terminal leaflet included. Recorded 10 weeks after planting; average height of five plants.	Cm
9. Number of stems	NS	Recorded after harvest; average number of three stems of five healthy plants.	
10. Number of petioles per plant	NP	Data counted 2 weeks later of 1 st flowering, randomly from five healthy plants.	
11. Number of leaves	NL	Data counted 2 weeks later of 1 st flowering, the average number of 5 plants.	
<i>Yield and components traits</i>			
12. Number of pods per plant	NPP	The number of individual pods of the 5 central plants after drying was used for the parametric measurements.	-
13. Biomass dry weight weight per plant	BDW	Weight of dried plant, recorded after maintaining the harvested plant dried in sun.	g
14. Hundred seed weight	HSW	Observed within two months after harvest (with 12% moisture content).	g
15. Dry pod weight	DPW	Data measured after drying of pods (12% moisture).	g
16. Shell weight	SW	Data measured within two months of harvest.	g
17. Number of seeds per plant	NSP	Data counted after dehusking all pods, randomly average values from 5 plants.	
18. Seed weight	SWe	Data measured after drying of seeds (12% moisture).	g
19. Yield	YLD	Data weighted of dried pods (at 12% moisture content) per plot, lastly converted the plot yield to a kilogram per hectare (kg/ha).	

2.4 STATISTICAL ANALYSIS

R 4.0.4 software was used to test for significant differences through the analysis of variance (ANOVA) procedure at the LSD level ($P \leq 0.05$) and to compare the mean values of the studied traits. Correlations between quantitative variables were determined using Pearson's correlation coefficient formula. The same R software was also used to perform principal

component analysis (PCA) and ascending hierarchical classification (CHA); which made it possible to assess the degree of resemblance and dissimilarity between the characters analyzed.

3 RESULTS

3.1 QUALITATIVE TRAITS

The shape and color of the eye and the coloring of the coat are very diversified as indicated by the morphological observations in table 2. We observed cream-colored integuments (with dotted lines: brown, red, black; mottling: brown, red, black), black, red (with black dots); black or brown butterfly-shaped eyes and eyes without shapes or colors (Table 3).



Black, absence eye.



Cream, dotted brown, butterfly brown eye.



Cream, absence eye.



Cream, butterfly brown eye.



Red marbling cream, Butterfly black eye.



Cream, dotted red, Butterfly brown eye.



Dotted cream red, marbling black, eye Butterfly black.



Cream, dotted red, butterfly black eye.



Red marbling cream, butterfly brown eye.



Red dotted cream, Butterfly eye, Brown.



Red dotted black, absence eye.



Cream, butterfly brown eye.



Cream, dotted brown, marbling red, butterfly eye.

Fig. 1. different types of seeds

Table 3. Qualitative characteristics of the 29 Bambara groundnut accessions studied

Accessions	Seed coat color	Eye shape	Eye color
Do 001	Cream, dotted brown	Butterfly	Black
Do 002	Red dotted cream	Butterfly	Brown
Do 003	Cream	Butterfly	Black
Do 004	Cream	Absence	Absence
Do 006	Red marbling cream	Butterfly	Black
Do 007	Cream	Absence	Absence
Do 008	Cream, dotted red	Butterfly	Black
Do 009	Cream	Butterfly	Brown
Do 011	Black	Absence	Absence
Do 013	Red dotted black	Absence	Absence
Do 014	Black	Absence	Absence
Do 015	Cream, brown marbling	Butterfly	Brown
Do 016	Dotted cream red, marbling black	Butterfly	Black
Do 017	Red dotted cream	Butterfly	Brown
Do 018	Cream	Butterfly	Brown
Do 019	Cream, dotted red	Butterfly	Black
Do 022	Cream	Butterfly	Black
Do 023	Red marbling cream	Butterfly	Black
Do 024	Cream, dotted red	Butterfly	Brown
Do 025	Cream, dotted brown	Butterfly	Brown
Do 029	Cream, dotted red	Butterfly	Brown
Do 030	Red marbling cream	Butterfly	Black
Do 031	Black marbling cream	Butterfly	Brown
Do 035	Red	Absence	Absence
Do 036	Red marbling cream	Butterfly	Black
Do 037	Cream	Absence	Absence
Do 038	Cream	Butterfly	Brown
Do 040	Red marbling cream	Butterfly	Black
Do 041	Dotted cream brown	Butterfly	Brown

3.2 QUANTITATIVE TRAITS

The descriptive statistical analyses (Table 4) indicate significant differences between the minima and maxima. The results showed that the date of emergence varies between 6 and 8 days after sowing (DAS). The time taken for the emergence of the seedlings was 7 DAS (Day After Sowing), versus 32 DAS for the start of flowering, and 34 DAS for 50% flowering. The coefficients of variation range from 2.80% (maturity date) to 40.46% (weight of dry biomass). Significantly high values (CV>20%) for 8 (number of pods per plant, weight of dry biomass, number of seeds, the weight of seeds, the weight of hulls, the weight of pods, yield in kg/ha and the weight of 100 seeds) of the 16 metric characters analyzed were highlighted.

Table 4. Descriptive statistics of the morphological traits measured on the Bambara groundnut accessions

	Median	Min	Mean	Max	SD	Var	CV (%)
NP	39,80	25,75	39,62	52,53	6,12	37,44	15,45
NL	118,95	77,25	119,59	157,59	18,01	324,35	15,10
PH (cm)	20,15	11,25	20,28	24,75	2,80	7,87	13,80
NSP	26,04	10,70	24,35	38,85	6,28	39,48	25,79
NS	9,05	6,78	9,14	12,55	1,53	2,33	16,74
BDW (g)	8,34	3,78	9,17	19,65	3,71	13,73	40,46
TNP	20,72	10,42	20,54	31,55	5,78	33,44	28,14
DSW (g)	8,83	4,01	8,57	12,57	1,94	3,78	22,64
SeW (g)	2,44	1,47	2,67	5,24	0,81	0,65	30,34
DPW (g)	11,31	6,30	11,23	17,02	2,53	6,39	22,53
YLD (kg/ha)	529,8	249,8	532,4	782,6	120,90	14617,96	22,71
HSWe (g)	159,02	90,31	173,24	322,79	47,44	2251,01	27,38
DTM (d)	84,50	80,75	84,81	89,50	2,37	5,64	2,80
DE (d)	7,00	6,25	7,15	7,75	0,33	0,11	4,61
DF (d)	32,35	30,00	32,36	35,00	1,29	1,67	3,98
D50%F (d)	33,25	31,00	33,53	37,50	1,75	3,06	5,22

Legend: Max: maximum; Min: minimum; CV: coefficient of variation, Var: Variance, SD: standard deviation, DTE: days to emergence, DF: days to flowering, D50%F: days to 50% flowering, DTM: days to maturity, PH: plant height, NS: number of stems per plant, NP: number of petioles per plant, NL: number of leaves per plant, BDW: biomass dry weight per plant, TNP: total no. of pods per plant, DPW: dry pods weight, NSP: number of seeds per plant, DSW: dry seed weight per plant, HSWe: hundred seed weight, YLD: yield, SeW: shell weight, d: day.

3.3 AGRO-MORPHOLOGICAL DIVERSITY OF BAMBARA GROUNDNUT ACCESSIONS

The characters so studied were grouped into principal components (PC). The first three (3) components: CP1, CP2 and CP3, explain nearly 68.58% of the total variability observed in each component 37.18%, 18.20% and 13.20%, respectively (Table 5).

Table 5. Eigenvalues and contribution of variables (parameters) to PCA axes

Axes	Eigen values	Proportions (%)	Cumulative percentages (%)
1	5,95	37,18	37,18
2	2,91	18,20	55,38
3	2,11	13,20	68,58

Table 6 indicates the lists of characters responsible for these variabilities. The main component 1 (CP1) is represented by the number of petioles per plant, the number of leaves per plant, the number of stems per plant, the weight of dry biomass, the number of pods, the number of seeds, the weight number of pods, seed weight and yield (kg/ha). Principal component 2 (CP2) is represented by the flowering date and 100-seed weight and CP3 by the maturity date, flowering date, and 50% flowering date. The principal component 1 (CP1) can intervene in a choice for a selection based on parameters related to the yield.

Table 6. Correlations between the starting variables (parameters) and each of the first two principal components

	Dim1	Dim2	Dim3
	0.738	0.463	-0.173
NP	0.750	0.435	-0.198
NL	0.242	0.471	0.371
PH (cm)	0.794	-0.099	-0.269
TNP	0.826	0.341	-0.149
NS	0.545	0.348	-0.173
BDW (g)	0.759	-0.019	-0.303
NSP	0.704	-0.693	0.062
DSW (g)	0.761	-0.155	0.404
SeW (g)	0.791	-0.578	0.164
DPW (g)	0.711	-0.686	0.046
YLD (kg/ha)	-0.219	-0.610	0.461
HSWe (g)	-0.121	0.091	0.606
DTM (d)	-0.206	0.041	-0.026
DE (d)	0.323	0.543	0.691
DF (d)	0.428	0.233	0.658

Legend: Max: maximum; Min: minimum; CV: coefficient of variation, Var: Variance, SD: standard deviation, DTE: days to emergence, DF: days to flowering, D50%F: days to 50% flowering, DTM: days to maturity, PH: plant height, NS: number of stems per plant, NP: number of petioles per plant, NL: number of leaves per plant, BDW: biomass dry weight per plant, TNP: total no. of pods per plant, DPW: dry pods weight, NSP: number of seeds per plant, DSW: dry seed weight per plant, HSWe: hundred seed weight, YLD: yield, SeW: shell weight, d: day.

3.4 CLUSTER ANALYSIS

The hierarchical ascending classification (HAC) by the method Unweighted Pair-Group Method with Arithmetic mean (UPGMA) made it possible to group the accessions into three groups according to the degree of similarity of the characters. Group 1 (G1) is made up of 44.82% accessions (Do 006, Do 007, Do 009, Do 029, Do 038, Do 019, Do 036, Do 003, Do 011, Do 013, Do 016, Do 001, Do 024), group 2 (G2) by 13.79% accessions (Do 025, Do 035, Do 023, Do 040) and group 3 (G3) by 41.38% accessions (Do 004, Do 031, Do 017, Do 037, Do 002, Do 015, Do 014, Do 022, Do 008, Do 018, Do 030, Do 041). The characteristics of the groups are shown in Table 6. Group 1 consists of accessions with the highest average number of pods per plant (26.58) and the highest average yield (635.67 kg/ha). Group 2 contains less efficient accessions in terms of yield-related parameters, on the other hand, they have the highest seedlings.

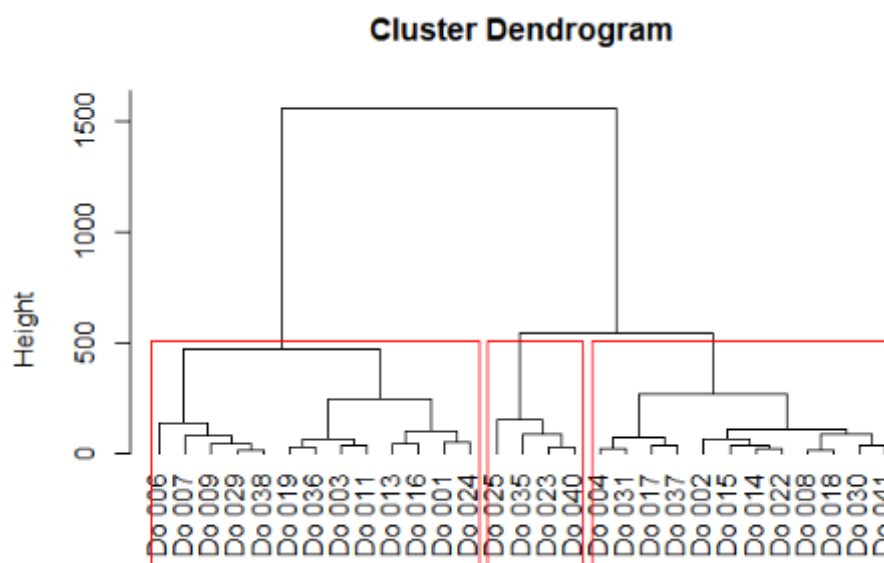


Fig. 2. Dendrogram from the CAH of Bambara groundnut accessions

Accessions Do 024 (782.60 kg/ha), Do 001 (732.51 kg/ha), Do 013 (688.33 kg/ha) and Do 016 (685.84 kg/ha), Do 019 (646.02 kg/ha), Do 011 (623.16 kg/ha), Do 007 (623.00 kg/ha), Do 036 (621.60 kg/ha), Do 003 (605.42 kg/ha), Do 009 (597.80 kg/ha), Do 032 (572.29 kg/ha)), Do 019 (557.67 kg/ha), Do 004 (550.04 kg/ha), Do 019 (549.42 kg/ha) produced a yield in kg/ha higher than the average total yield (532.44 kg/ha).

Table 7. List of accession groups

	G1 (44,82%)	G2 (13,79%)	G3 (41,38%)
NP	39,91	35,98	40,53
NL	121,37	107,94	121,54
PH (cm)	19,75	21,21	20,54
NSP	26,58	19,01	23,73
NS	9,32	8,31	9,23
BDW (g)	9,11	7,54	9,79
TNP	21,46	17,06	20,70
DSW (g)	10,24	5,43	7,80
SeW (g)	3,14	1,91	2,42
DPW (g)	13,36	7,32	10,22
YLD (kg/ha)	8263,73	1352,09	5825,09
HSWe (g)	202,22	135,83	154,31
DTM (d)	84,44	85,31	85,04
DE (d)	7,17	7,13	7,15
DF (d)	32,27	32,25	32,50
D50%F (d)	33,85	33,31	33,27

Legend: Max: maximum; Min: minimum; CV: coefficient of variation, Var: Variance, SD: standard deviation, DTE: days to emergence, DF: days to flowering, D50%F: days to 50% flowering, DTM: days to maturity, PH: plant height, NS: number of stems per plant, NP: number of petioles per plant, NL: number of leaves per plant, BDW: biomass dry weight per plant, TNP: total no. of pods per plant, DPW: dry pods weight, NSP: number of seeds per plant, DSW: dry seed weight per plant, HSWe: hundred seed weight, YLD: yield, SeW: shell weight, d: day.

3.5 CORRELATION BETWEEN PARAMETERS

To establish a possible correlation between the 16 quantitative parameters measured, a Pearson correlation matrix was produced (table 8). Strong positive correlations are observed between: the number of pods per plant with the number of leaves per plant ($r=0.56$), the number of stems per plant ($r=0.64$), the weight of pods per plant ($r=0.61$), the weight of seeds ($r=0.60$), the number of petioles per plant ($r=0.54$), the number of seeds ($r=0.68$) and with the yield in kg /ha (0.61); the number of petioles per plant with the number of leaves per plant ($r=0.99$), the number of stems per plant ($r=0.77$), the weight of dry biomass ($r=0.53$) and the weight seeds ($r=0.64$); the weight of dry biomass with the number of leaves per plant ($r=0.53$) and the number of stems per plant ($r=0.59$); the weight of pods per plant with the number of seeds per plant ($r=0.56$), the weight of shells ($r=0.79$), the weight of seeds per plant ($r=0.97$) and the yield in kg/ha ($r=0.97$); the weight of seeds with the number of seeds per plant ($r=0.55$), the weight of shells ($r=0.62$) and the yield in kg/ha ($r=0.99$); the yield in kg/ha with the number of seeds ($r=0.56$) and the weight of shells ($r=0.62$); the date of 50% flowering with the flowering date ($r=0.76$). A negative correlation was obtained between the weight of 100 seeds and the number of seeds ($r=-0.60$).

Table 8. Interrelation between the studied Bambara groundnut characters (Pearson Correlation Matrix)

	DF	DTM	PH	NL	TNP	NSP	NP	NS	DSW	BDW	SeW	DPW	DSW	YLD	DTE	D50 %F
DF	1															
DTM	0.31	1														
PH	0.44	0.35	1													
NL	0.36	-0.21	0.18	1												
TNP	-0.02	-0.17	0.25	0.56	1											
NSP	0.003	-0.07	0.15	0.47	0.68	1										
NP	0.39	-0.17	0.18	0.99	0.54	0.46	1									
NS	0.33	-0.06	0.27	0.77	0.64	0.64	0.77	1								
DSW	-0.06	0.08	-0.24	-0.33	-0.21	-0.60	-0.34	-0.44	1							
BDW	0.28	-0.32	0.18	0.53	0.36	0.26	0.53	0.59	-0.24	1						
SeW	0.44	0.03	0.24	0.41	0.42	0.39	0.41	0.48	0.12	0.41	1					
DPW	0.06	-0.06	-0.01	0.30	0.61	0.56	0.28	0.43	0.24	0.23	0.79	1				
DSW	-0.09	-0.08	-0.12	0.21	0.60	0.55	0.18	0.35	0.28	0.12	0.62	0.97	1			
YLD	-0.10	-0.09	-0.11	0.22	0.61	0.56	0.19	0.35	0.26	0.13	0.62	0.97	0.99	1		
DTE	0.06	-0.16	-0.07	-0.11	-0.22	-0.37	-0.09	-0.01	0.19	0.15	-0.11	-0.13	-0.13	-0.13	1	
D50%F	0.76	0.13	0.27	0.26	0.10	0.16	0.28	0.30	0.007	0.15	0.48	0.28	0.18	0.17	-0.22	1

Legend: Max: maximum; Min: minimum; CV: coefficient of variation, Var: Variance, SD: standard deviation, DTE: days to emergence, DF: days to flowering, D50%F: days to 50% flowering, DTM: days to maturity, PH: plant height, NS: number of stems per plant, NP: number of petioles per plant, NL: number of leaves per plant, BDW: biomass dry weight per plant, TNP: total no. of pods per plant, DPW: dry pods weight, NSP: number of seeds per plant, DSW: dry seed weight per plant, HSW: hundred seed weight, YLD: yield, SeW: shell weight, d: day

4 DISCUSSION

The study highlighted the variability that exists within 29 accessions of *Vigna subterranea* grown in the Dosso region of Niger. The accessions are characterized by a diversity of color of the integuments and eyes. Gbaguidi *et al.*, [14] also concluded that there was significant color diversity between Bambara groundnut seeds in similar work. Wassouo *et al.*, [8], believe that this difference in coloration is linked to biological factors. In addition, Brink *et al.*, [15] reported that seed coloring is one of the traits that enters into the indication of the choice of varieties by farmers. The seed coats are all smooth, and a complete absence of roughness has been observed, reported by Mahmudul *et al.*, [16].

The descriptive analysis of the studied traits showed that the emergence time varies between 6 and 8 DAS, which is in accordance with the results of Djé *et al.*, [17] and Ibrahim *et al.*, [10] who have obtained the same emergence interval. Mahmudul *et al.*, [9] obtained an interval between 5 and 13 DAS. Karikari [18] observed higher values (14 to 24 DAS). For Wassouo *et al.*, [8], these variations are explained by the genotype of each plant material, environmental conditions, and seed storage conditions.

The significant gaps observed between minima and maxima confirm the results of Harouna *et al.*, [7] who found significant gaps between minima and maxima, working on 14 Bambara groundnut morphotypes in Niger. The coefficients of variation vary from 2,80% (maturity date) to 40,46% (dry biomass weight). Sévérin and Yao *et al.*, [19] obtained coefficients of variation between 0% and 63.30%, Harouna *et al.*, [7] between 10.3% and 72%, Moussa [20] between 4, 16% and 72.51%, Mahmudul *et al.*, [16] between 13.17% and 41.21%. This indicates the presence of strong heterogeneity within local voandzou accessions as clearly demonstrated by Harouna *et al.*, [7], Wassouo *et al.*, [8], Mahmudul *et al.*, [9] and Ibrahim *et al.*, [10]. Eight yield-related parameters (number of pods per plant, the weight of dry biomass, number of seeds, the weight of seeds, the weight of shells, weight of pods, yield in kg/ha, and hundred seed weight) showed coefficients of variation high ($CV > 20\%$). Ibrahim *et al.*, [10] obtained high coefficients of variation with yield-related parameters. In 1998, Swanevelder [21] reported that yield in *Vigna subterranea* is very unstable.

According to Mohammed [22] and Mahmudul *et al.*, [9] in plant breeding, a correlation matrix is an important approach for judging the degree of association between two or more variables. Adebisi *et al.*, [23] even think that for a genotype selection program, taking into account the correlation matrix can be a large measurement scale. In this present work, the analysis of the matrix revealed the presence of strong correlations. The strongest correlations are obtained between the number of petioles per plant and the number of leaves per plant ($r=0,99$), the weight of seeds and the yield in kg/ha ($r=0,99$), the weight of pods per plant and seed weight per plant ($r=0,97$), pod weight per plant and yield in kg/ha ($r=0,97$), pod weight per plant and husk weight ($r=0,79$), the number of petioles per plant and the number of stems per plant ($r=0,77$). These results are close to those obtained by Harouna *et al.*, [7], who had a strong correlation between the weight of seeds per plant and the weight of pods ($r=0,96$). Wassouo *et al.*, [8] also obtained a strong correlation between seed weight and the number of pods ($r=0,94$). This reveals the interrelationship between performance and certain components; this is all the more so since the weight of seeds would logically be correlated with the weight of pods [8]. In 2008, Ouedrago *et al.*, [24] reported that traits such as the number of pods per plant, number of seeds per plant, and hundred seed weight are positively correlated with yield in Bambara groundnut.

The principal component analysis confirmed this significant morphological variability. The high representativeness of the first three PCA axes (68.58%) shows the existence of a strong genotypic and phenotypic organization of the material studied. The ascending hierarchical classification highlighted three groups of diversity. According to Sévérin and Yao *et al.*, [19] these morphological and phenological dissimilarities observed between the different groups of phenotypic diversity suggest that the accessions are maintained under very different evolutionary processes in their respective agroecosystem. Indeed, the mode of management of seeds by farmers such as selective sorting, recycling of seeds by cultivation and agricultural practices leads to a selection leading to the maintenance, even the creation of a significant phenotypic diversity [25]. This constant evolution influenced by soil, climatic, and anthropogenic factors in the different agroecosystems gives the accessions their own characteristics [5].

5 CONCLUSION

The study of the agronomic diversity made it possible to observe a significant variability between the accessions of Bambara groundnut cultivated in the western zone of Niger. This observed variability, for agronomic, morphological and phenological characteristics, could contribute to the genetic improvement of this species for better productivity and adaptation to local climatic conditions. The 29 accessions are organized into three (3) distinct morphological groups. Group 1 is made up of accessions that perform well in parameters related to yield, group 2 of accessions that have the longest heights, and group three which is represented by phenological parameters. In short, this exponentiation can be of an important contribution to a better valorization of the genetic resources of the Bambara groundnut in the programs of selection.

REFERENCES

- [1] Wilson EO (1992). The diversity of life. Penguin Books, London, p 424.
- [2] A. S. Karunaratne, S. Walker, A. C. Ruane, (2015). Modelling Bambara groundnut yield in Southern Africa: towards a climate resilient future. NASA-Goddard Institute for Space Studies, New York, NY 10025, USA. Published September 28. Vol. 65: 193–203, 2015 doi: 10.3354/cr01300. P194.
- [3] Linnemann AR, Azam-Ali S, (1993). Bambara groundnut (*Vigna subterranea* L. Verdc). In: Williams, J. T. (Editor). Pulses and vegetables. Chapman and Hall, London. p. 13-58.
- [4] Linnemann AR. (1994). Phenological development in bambara groundnut (*Vigna subterranea*) at alternate exposure to 12 and 14 h photoperiod. Journal of Agricultural Science, 123: 333-340.

- [5] Azam-Ali SN., Sesay A., Karikari KS., Massawe FJ., Aguilar- Manjarrez J., Bannayan M., Hampson KJ. (2001). Assessing the potential of an underutilized crop - a case study using bambara groundnut. *Exp. Agric.* 37, p. 433-472.
- [6] Nerbéwendé S., Romaric K. N., Pauline B. K., Renan E. T., Baloua N., Djakaridia T., Mahamadou S., Jean Didier Z., (2014). Évaluation de la diversité génétique des sorghos à grains sucrés (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) du Nord du Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences* 84: 7654– 7664. ISSN 1997–5902.
- [7] Harouna, A.I., Alhassane, A., Daouda, O.S., Boureima, K.S. (2018). Variabilité Morphologique Et Agronomique Des Morphotypes De Voandzou (*Vigna Subterranea* (L.) Cultivés Dans La Zone Sahélienne Du Niger. *European Scientific Journal*, 14: 377-393.
- [8] Wassouo Félix Alain, Madi Ali, Sobda Gonne, Koubala Bargui Benoît, Mvondoawono Jean Pierre, (2019). Diversités agro morphologiques de trente-six accessions de voandzou [*Vigna subterranea* (L.) Verdcourt] cultivées dans la région de l'Extrême-Nord Cameroun. *Journal of Applied Biosciences* 140: 14227 - 14234.
- [9] Md Mahmudul Hasan Khan, Mohd Y. Rafii, Shairul Izan Ramlee, Mashitah Jusoh2 & Md Al Mamun., (2021). Genetic analysis and selection of Bambara groundnut (*Vigna subterranea* [L.] Verdc.) landraces for high yield revealed by qualitative and quantitative traits. *Scientific Reports*, 11: 7597.
- [10] Abdou Zakary Yaou Ibrahim, Harouna Issa Amadou, Agali Alhassane (2022). Assessment of Genetic Diversity of Bambara Groundnut Accessions [*Vigna subterranea* (L.) Verdcourt] in Sahelian Zone of Niger. *Sch Acad J Biosci*, 2022 Sept 10 (9): 218-229.
- [11] Baudoin, J.P. (2001). Contribution des ressources phylogénétiques à la sélection variétale de légumineuses alimentaires tropicales. *Biotechnologie, Agronomie Société et Environnement*, 5 (4): 221-230.
- [12] Harouna, A. I., Bakasso, Y., Zoubeirou, A. M., Doumma, A., Maiboucar, I. (2014). Diagnostic participatif de la diversité de morphotypes et des connaissances locales en matière de culture du Voandzou (*Vigna Subterranea* L.) au Niger. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. pp.1915-1925.
- [13] IPGRI/IITA/BAMNET. (2000). Descriptors for bambara groundnut: 48. Rome. Italy.
- [14] Gbaguidi, A. A., Dansi, A., Dossou-Aminon, I., Gbemavo, D. S. J. C., Orobisi, A., Sanoussi, F., & Yedomonhan, H. (2018). Agromorphological diversity of local Bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) collected in Benin. *Genetic resources and crop evolution*, 65 (4), 1159-1171.
- [15] Brink M, Ramolemana GM, Sibuga KP, (2006). *Vigna subterranean* (L.) Verdc in Brink M. and Belay G. (éditeurs) *PROTAI cereals and pulses/cereals et legumes secs*. (CD-Room). PROTA, Wageningen, Pays Bas, 327p.
- [16] Md Mahmudul Hasan Khan, Mohd Y. Rafii, Shairul Izan Ramlee, Mashitah Jusoh, and Al Mamun, (2020). Genetic Variability, Heritability, and Clustering Pattern Exploration of Bambara Groundnut (*Vigna subterranea* L. Verdc) Accessions for the Perfection of Yield and Yield Related Traits. *Hindawi. BioMed Research International*. Volume 2020, Article ID 2195797, 31 pages <https://doi.org/10.1155/2020/2195797>.
- [17] Djè, Y., Bonny B.S., Zoro, I.A. (2005). Observations préliminaires de la variabilité entre quelques morphotypes de voandzou (*Vigna subterranea* (L.) Verdc., Fabaceae) de Côte d'Ivoire. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 9 (4): 249-258.
- [18] Karikari KS, (2000). Variability between local and exotic bambara groundnut landraces in Botswana. *Afr. Crop Sci. J.* 8: 153-157.
- [19] Séverin B. B., Yao D. (2011). Variabilité morphologique et agronomique des variétés traditionnelles de voandzou (*Vigna subterranea* L. verdc.) de Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 41: 2820-2835.
- [20] Moussa Diagara Saley, (2018). Caractérisation agro-morphologique de 30 accessions de voandzou [*vigna subterranea* (L.) verdc] cultivées dans la zone soudanienne du Niger. mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de master en biologie et valorisation des plantes soudanaises et sahélo-sahariennes.
- [21] Swanevelder, C. J., (1998). Bambara-Food for Africa: *Vigna subterranea* Bambara groundnut (National Department of Agriculture).
- [22] Mohammed, M. S., (2014). Pre-Breeding of Bambara Groundnut (*Vigna subterranea* [L.] Verdc.) (Doctoral dissertation). (University of KwaZulu-Natal).
- [23] Adebisi, M. A., Ariyo, O. J. & Kehinde, O. B., (2004). Variation and correlation studies in quantitative characters in soyabean. *Ogun J. Agric.Sci.* 3, 134–142.
- [24] Ouedraogo, M., Ouedraogo, J. T., Tignere, J. B., Bilma, D., Dabire, C. B. & Konate, G., (2008). Characterization and evaluation of accessions of Bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdcourt) from Burkina Faso. *Sci. Nat.* 5 (2), 191–197.
- [25] Robert T, Mariac C, Allinne C, Ali K, Beidari Y, Bezançon G, Couturon E, Moussa D, Sasou MS, Seydou M, Seyni O, Tidjani M, Luxereau A, (2005). Gestion des semences et dynamiques des introgressions entre variétés cultivées et entre formes domestiques et spontanées des mils (*Pennisetum glaucum* ssp. *glaucum*) au Sud-Niger. Les Actes du BRG, 5e colloque national. Un dialogue pour la diversité. Lyon, 3-4-5 novembre 2004. enguin Books, London, p 424.

Essai d'alimentation du tilapia (*Oreochromis niloticus*) avec des aliments contenant des crottes de lapin

[Feeding trial of tilapia (*Oreochromis niloticus*) with feed containing rabbit droppings]

Amakoé ADJANKE, Lamoussa LALLE, Ali K. KADANGA, and Atti TCHABI

Laboratoire des Sciences Agronomiques et Biologiques Appliquées (LaSABA), Université de Kara, BP: 404 Kara, Togo

Copyright © 2023 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 growth performance test of Nile tilapia reared in concrete tanks with rabbit droppings was carried out at the aquaculture experimentation unit of the Higher Institute of Aquaculture Professions (ISMA) of the University of Kara in Togo over a period of 6 months. Three diets were used in this study; two of them were based on rabbit poop. A control diet which is a standard fish feed Raanan (L0), a diet consisting of a fair mixture of rabbit poop and Raanan (L1) and a diet consisting of raw rabbit poop (L2). A total of 270 Nile tilapia fry with an average weight of 1.6 ± 0.1 g were distributed in nine concrete 600 L tanks randomly arranged at a density of 30 fish per tank. The fish were fed 3 times a day at the rate of 10% to 3% of the biomass from the first to the sixth month of the experiment. Control fisheries for the various production parameters were carried out every two weeks, and food rations were readjusted according to the biomasses. At the end of this experiment, interesting results were obtained. The survival rate varied from $78.30 \pm 5\%$ to $97 \pm 0.6\%$. The growth performance was significantly affected by the different diets. The average daily weight gain recorded varied from 0.6 ± 0.0 g / d to 1.2 ± 0.0 g / d. Regarding feed efficiency, the food conversion ratio varied from 2.6 ± 0.1 to 9.2 ± 0.2 with interesting performances on the diet composed of a fair mixture of rabbit poop and Raanan.

KEYWORDS: Feed, rabbit droppings, *Oreochromis niloticus*, growth.

RESUME: Un test de performance de croissance du tilapia du Nil soumis à des aliments contenant des crottes de lapin a été réalisé à l'unité d'expérimentations aquacoles de l'Institut Supérieur des Métiers de l'Agriculture (ISMA) de l'Université de Kara du Togo sur une durée de 6 mois. Pour cela, 270 alevins monosexes mâles de tilapia du Nil d'un poids moyen de $1,6 \pm 0,1$ g ont été répartis aléatoirement dans 9 bacs en béton de 600 L à la densité de 30 poissons par bac en triplicata. Ils ont été nourris trois fois par jour au taux de 10 à 3% de l'ichtyo-biomasse du premier au sixième mois avec trois aliments; un aliment standard Raanan servant de témoin (L0), un aliment composé d'un mélange équitable de crottes de lapin et de Raanan (L1) et un régime constitué de crotte de lapin brute (L2). À la fin de cette expérimentation, des résultats prometteurs ont été obtenus. Le taux de survie a varié de $78,30 \pm 5\%$ à $97 \pm 0,6\%$. Les performances de croissance des poissons ont été significativement affectées par les différents régimes alimentaires. Le gain moyen quotidien enregistré a varié de $0,6 \pm 0,0$ g/j à $1,2 \pm 0,0$ g/j. Concernant l'efficacité alimentaire, l'IC a varié de $2,6 \pm 0,1$ à $9,2 \pm 0,2$ avec des performances intéressantes pour le régime composé d'un mélange équitable de crotte de lapin et de Raanan.

MOTS-CLEFS: Alimentation, crottes de lapin, *Oreochromis niloticus*, croissance.

1 INTRODUCTION

Le développement de l'aquaculture dans la plupart des régions tropicales, subtropicales et tempérées a connu un progrès spectaculaire ces dernières années [1]. De 62 millions de tonnes en 2011, la production aquacole est passée à 80 millions de

tonnes en 2016 soit une variation de plus de 20 millions de tonne en 5 ans. Avec une production d'environ 1,6 millions de tonne en 2016, l'aquaculture est moins développée en Afrique [1]. Or, selon [2], c'est la partie du globe où le poisson constitue souvent la seule source de protéine animale la plus accessible et à coût abordable. Au Togo, la production nationale annuelle (y compris les importations) avoisine 40 000 tonnes de poisson au moment où la demande est estimée à 91 000 tonnes [3]. Face à cette situation, il s'avère important voir nécessaire d'augmenter la production locale via la pisciculture afin d'améliorer sa contribution à la sécurité alimentaire et réduire l'impact négatif des importations sur l'économie nationale [3]. Selon la [1], le tilapia du Nil constitue l'espèce aquacole la plus importante au monde après les Carpes. Signalons que, l'alimentation représente plus de 50% du coût total des intrants en aquaculture [4]; [5]. Par conséquent, parmi les défis auxquels est confrontée l'industrie de l'aquaculture figure la production d'aliments de qualité, rentables et respectueux de l'environnement, utilisant des ingrédients aussi bien peu coûteux que disponibles localement [6]. Or, des récentes études ont révélé l'importance des déjections animales sur le poste alimentation en pisciculture. Les recherches menées par [7] sur l'utilisation des crottes de lapin en pisciculture ont montré que celles-ci créaient un environnement propice aux phytoplanctons et aux poissons filtreurs comme le tilapia du Nil. Signalons que, ces études sur l'alimentation des poissons avec les crottes de lapin étaient réalisées dans des étangs. Par conséquent, la croissance des poissons nourris avec les crottes de lapin est influencée par l'aliment naturel du milieu d'élevage, ce qui limite l'appréciation des crottes de lapin sur la croissance des poissons élevés en bac. Ainsi, dans l'optique de valoriser les crottes de lapin en pisciculture en bac que la présente étude dont le thème est: « Valorisation des crottes de lapin en alimentation du tilapia (*Oreochromis niloticus*) élevé en bac » a été initiée.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL

2.1.1 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Les études ont porté sur 270 alevins monosexes mâles du tilapia *Oreochromis niloticus* de poids moyen initial de $1,6 \pm 0,1$ g avec une taille moyenne initiale de $4,4 \pm 0,2$ cm provenant de la ferme Shalom sise à Kovié, localité située à 26 km de Lomé dans la préfecture de Zio.

2.1.2 ALIMENT EXPÉRIMENTAL

Pour les besoins de notre expérimentation, trois régimes alimentaires ont été utilisés. Il s'agit d'un aliment standard (Raanan), des crottes de lapin séchées, triées et concassées puis un aliment constitué d'un mélange équitable des deux premiers aliments. La composition du Raanan selon la fiche technique du fabricant est de 32% de Protéine brute, 5% de Matière grasse et 4% de Cellulose brute. Les crottes de lapin, selon les données de [8], contiennent en moyenne 13,1% de Protéine brute, 2,6% de Matière grasse et 37,8% de Cellulose brute.

2.2 MÉTHODES

2.2.1 PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

Cette étude, d'une durée totale de 178 jours, du 19 novembre 2021 au 15 mai 2022, a été réalisée à l'unité d'expérimentations aquacoles de l'Institut Supérieur des Métiers de l'Agriculture (ISMA) de l'Université de Kara. Deux cent soixante-dix (270) alevins monosexes mâles du tilapia (*Oreochromis niloticus*), d'un poids moyen de $1,6 \pm 0,1$ g, en provenance de la ferme Shalom à Kovié (Préfecture du Zio) ont été utilisés. Après une période d'accoutumance de 10 jours aux nouvelles conditions d'élevage, ces poissons ont été répartis de façon aléatoire à la densité de 30 individus par bac. Chaque lot était constitué de trois bacs de 600 L rempli chacun de 250 litres d'eau pour les besoins de l'essai.

Trois régimes L0, L1 et L2 étaient utilisés et sont respectivement l'aliment standard Raanan, un mélange équitable de Raanan et de crottes de lapin et les crottes brutes de lapin. Les poissons étaient nourris manuellement trois fois par jour (8h, 12h et 16h) du début jusqu'à la fin de l'expérimentation au taux de 10% à 3% de la biomasse des poissons.

Les bacs sont alimentés en eau de la "Togolaise des Eaux" (TdE) qui est stockée dans une retenue externe en vue de l'évaporation naturelle du chlore, puis acheminée par une pompe immergée dans le système de recirculation d'eau. Une pompe électrique assure un débit constant d'eau bien aérée du robinet. L'eau est filtrée via un biofiltre avec un échange quotidien d'eau de 10%. L'eau est totalement remplacée chaque semaine. Trois fois par semaine, à 8 heures, avant le nourrissage, les paramètres physicochimiques de l'eau tels que la température ($25,64 \pm 0,01^\circ\text{C}$) et l'oxygène dissous ($3,53 \pm 0,04$ mg/L) étaient mesurés grâce à un oxythermomètre portable de marque VWR - DO210 tandis que le pH ($8,07 \pm 0,04$) était

mesuré grâce à un pH-mètre portable de marque APERA PH20. Les pêches de contrôle ont été effectuées toutes les deux semaines afin de déterminer les paramètres zootechniques et réajuster la ration en fonction de la biomasse des poissons. Deux renouvellements quotidiens de l'eau de 2 heures ont été effectués (09 h-11h et 13 h-15h), pour permettre aux poissons de vivre dans les conditions optimales d'élevage.

2.2.2 DONNÉES COLLECTÉES ET PARAMÈTRES CALCULÉS

Les données collectées étaient les quantités d'aliment servies, le poids et taille des poissons de même que le nombre de survivants.

Les paramètres zootechniques tels que le taux de survie (TS), le gain moyen quotidien (GMQ), le taux de conversion alimentaire (TCA) et le facteur de condition (K) ont été calculés. Leurs formules se trouvent dans le tableau 1.

Tableau 1. Formules des indices zootechniques

Paramètres	Formules
Taux de survie (TS)	$TS (\%) = 100 \times \frac{\text{Nombre de survivants}}{\text{Nombre total initial}}$
Taux de croissance journalier (TCJ)	$TCJ (g/j) = \frac{(\text{Poids final (g)} - \text{Poids initial (g)})}{\text{Durée d'élevage (jours)}}$
Taux de conversion alimentaire (TCA)	$TCA = \frac{\text{Quantité d'aliment distribuée (g)}}{Bf (g) + Bm (g) - Bi (g)}$
Facteur de condition (K)	$K = \frac{\text{Poids du poisson}}{(\text{Longueur standard du poisson})^3} \times 100$

Bi: biomasse initiale, Bf: biomasse finale, Bm = biomasse des morts

2.2.3 ANALYSES STATISTIQUES

A la fin de l'expérimentation, le logiciel STATISTICA 5.1 a été utilisé pour les analyses statistiques. L'analyse de variance à un facteur, ANOVA I a été réalisée pour les valeurs moyennes des paramètres zootechniques. En cas de fluctuations significatives, les moyennes concernées ont été comparées en effectuant le test LSD de Fischer au seuil de 5%.

3 RESULTATS

La réponse de croissance des alevins de *O. niloticus* avec les régimes expérimentaux est présentée dans le tableau 2. La palatabilité et l'acceptabilité des régimes étaient similaires pour tous les traitements sans rejet observé.

Tableau 2. Effets de régimes contenant les crottes de lapin sur les taux de survie, de croissance journalière, de conversion alimentaire et le facteur de condition chez *O. niloticus* après 168 jours d'élevage en bacs en béton

Régimes	TS (%)	TCJ (g/j)	TCA	K
L0	97,0 ± 0,7a	1,20 ± 0,05a	2,6 ± 0,2a	2,93 ± 0,41
L1	93,7 ± 1,2b	0,92 ± 0,03b	3,6 ± 0,2b	2,95 ± 0,23
L2	78,3 ± 2,3c	0,64 ± 0,04c	9,2 ± 0,1c	2,96 ± 0,30

L0, L1, L2: Lots de poisson nourris respectivement avec l'aliment standard (Raanan), un mélange équitable de Raanan et de crottes de lapin, et de crottes brutes de lapin. TS = taux de survie; TCJ = taux de croissance journalier; TCA = taux de conversion alimentaire et K = facteur de condition.

Les valeurs sont exprimées moyenne ± l'écart type et représentent la moyenne de trois répétitions. Dans chaque colonne, les valeurs avec la même lettre ne sont pas significativement différentes (P>0,05).

À la fin de l'essai, quelques mortalités ont été enregistrées chez tous les lots. La survie la plus élevée était enregistrée chez les sujets du lot L0 et faible pour le lot L2 avec une valeur intermédiaire chez les sujets du lot L1 avec une différence significative entre les lots en fin d'expérimentation ($P < 0,05$).

Les résultats de l'effet des différents aliments sur l'indice de consommation des tilapias montrent que les sujets du lot L2 avaient moins converti l'aliment par rapport à ceux des lots L0 et L1. On note une différence significative entre les lots en fin d'expérimentation ($P < 0,05$). Les sujets du lot L2 ont consommé jusqu'à 9 kg d'aliment pour arriver à 1 kg de poids vif.

La figure 1 montre l'évolution du poids moyen individuel des lots de tilapias en fonction des régimes au cours de l'expérimentation. Le poids moyen des poissons des différents lots a gardé une allure ascendante du début jusqu'à la fin de l'expérimentation. On peut constater que du démarrage jusqu'au 14^{ème} jour d'élevage, les poids moyens des poissons dans les différents lots étaient presque identiques. Par contre, à partir du 14^{ème} jour jusqu'à la fin de l'expérimentation, les poissons du lot L2 ont accusé un retard de croissance par rapport à ceux des lots L1 et L0. Statistiquement les poids moyens finaux ont été différents ($P > 0,05$).

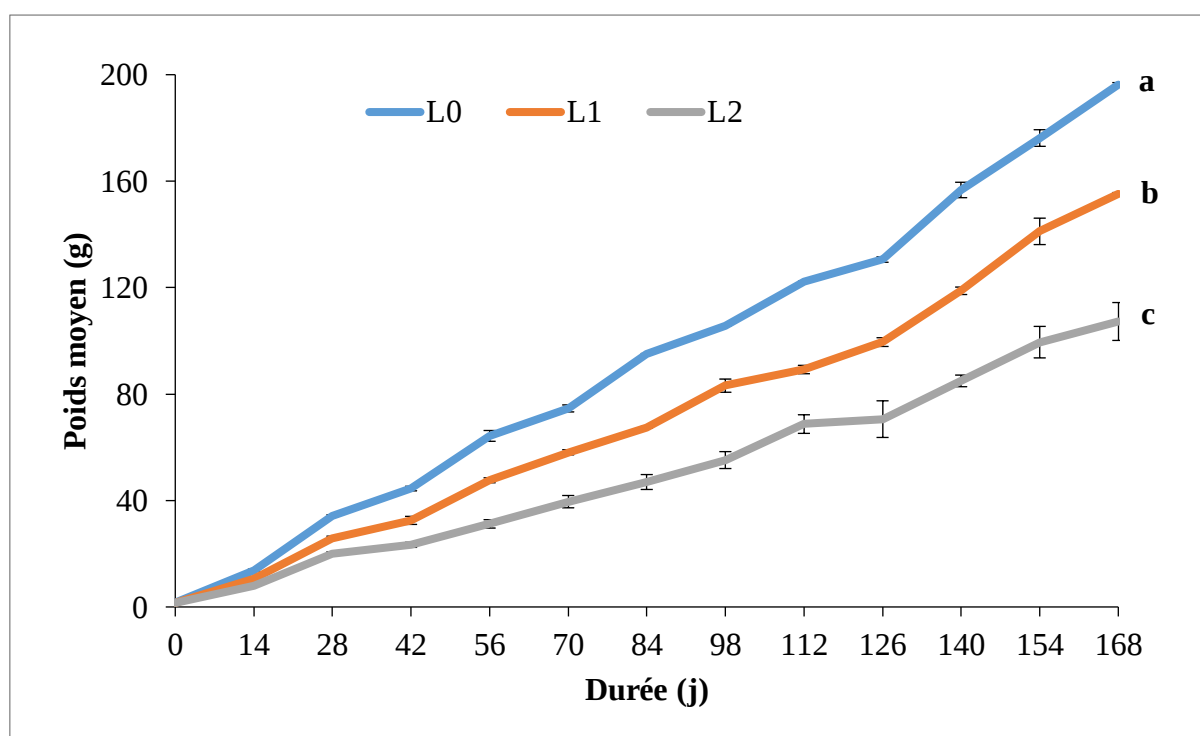


Fig. 1. Evolution pondérale des lots de tilapias soumis aux différents régimes

L0, L1, L2: Lots de poisson nourris respectivement avec l'aliment standard (Raanan), un mélange équitable de Raanan et de crottes de lapin, et de crottes brutes de lapin.

Les valeurs du taux de croissance journalier (TCJ) des lots de tilapia à la fin de l'expérimentation indiquent que les poissons du lot L0 gagnaient quotidiennement plus en poids comparativement à ceux des lots L1 et L2 ($P < 0,05$).

Une variation de 2,93% à 2,95% a été obtenue pour le facteur de condition avec une similitude entre ces valeurs au seuil de 5%.

4 DISCUSSION

Au niveau du taux de survie, seuls les poissons nourris avec les crottes de lapin simple ont présenté une mortalité élevée suivis de ceux ayant reçu le mélange de crotte de lapin et de l'aliment standard Raanan. Il semblerait que les morts dénombrés dans ces lots provenaient de la qualité nutritionnelle de l'aliment puisqu'elles survenaient chaque jour durant les trois premières semaines de l'expérimentation. Néanmoins, les morts enregistrées au niveau des sujets nourris avec l'aliment standard Raanan pourraient s'expliquer par les stress de manipulation lors des pêches de contrôle car ces mortalités sont

survenues les jours suivants cette activité. Toutefois, la survie moyenne obtenu en fin d'expérimentation était inférieure (80–93,3%) à celle obtenue par [9].

L'analyse des paramètres de production a montré que la croissance était effective dans tous les lots. Par ailleurs, les poids moyens finaux les plus élevés ont été obtenus avec les poissons nourris avec le Raanan suivi de ceux nourris du mélange. L'écart de croissance observé entre les différents lots serait la conséquence de la qualité nutritionnelle de l'aliment. En effet, les valeurs moyennes du TCJ enregistrées augmentent avec la qualité nutritionnelle des régimes ce qui explique mieux les écarts de croissance observés entre les différents lots. Toutefois, les valeurs obtenues avec les poissons nourris du mélange de Raanan et de crottes de lapin et ceux nourris avec les crottes de lapin simples sont largement supérieures à celles obtenues par [9] et [10] en étang. Cette variation de performance pourrait s'expliquer par la nature du système d'élevage dans lequel cette étude a été menée qui améliore les conditions de vie des poissons [11]. Les valeurs du TCA enregistrées indiquent que l'aliment standard est plus valorisé par les poissons avec une faible transformation des régimes contenant des crottes de lapin. L'élaboration de l'aliment pourrait expliquer ce résultat car la conversion alimentaire augmente avec la granulométrie des différents régimes. Ceci confirme l'assertion de [12] selon laquelle l'apport de l'aliment sous forme granulé augmenterait la production piscicole et la rétention des protéines. En général, les poissons du lot L0 ont gardé la meilleure performance zootechnique et une bonne productivité par rapport à ceux du lot L2.

5 CONCLUSION

Au terme de la présente étude, il ressort que l'emploi des crottes de lapin simple en élevage de poisson en bac s'avérerait peu recommandable sur le plan zootechnique. Toutefois, son mélange équitable avec l'aliment standard Raanan permet d'avoir un rendement zootechnique appréciable comparativement à l'aliment standard Raanan qui conserve son niveau de productivité compte tenu de son potentiel nutritif élevé.

REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leurs sincères remerciements au Responsable du Laboratoire LaSABA pour l'appui technique apporté lors de la conduite de cette étude.

REFERENCES

- [1] FAO. 2018. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2018. Atteindre les objectifs de développement durable. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- [2] World Fish. 2017. Le poisson et la sécurité alimentaire en Afrique. Centre World Fish Egypte.
- [3] DPA. 2017. Stratégie nationale pour la promotion de la consommation des produits animaux et halieutiques.
- [4] Gourène G., Kobena K. et Vanga A. F. 2002. Etude de la rentabilité des fermes piscicoles dans la région du moyen Comoé. Rapport Technique, Université Abobo-Adjamé, Abidjan, Côte d'Ivoire, 1 – 41.
- [5] Hardy R. 2008. Utilization of plant proteins in fish diets: Effects of global demand and supplies of grains and oilseeds 16–18. Paper presented at aquaculture Europe 2008, Krakow, Poland.
- [6] Belal I., El-Tarabily K., Kassab A., El-Sayed A. and Rasheed N. 2015. Evaluation of Date Fiber as Feed Ingredient for Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* Fingerlings. Journal of Aquaculture Research and Development, 6: 3.
- [7] Mostafa H., Sharif A., Nahiduzzaman M., Debasish S., Abu S. and Ekram A. 2009. The novel tilapia–rabbit integrated culture: A means for poverty reduction for rural people, journal of the world aquaculture, 18: 173-147.
- [8] Lebas F. 1983. Bases physiologiques du besoin protéique des lapins. Analyse critique des recommandations. Cuni Sci., 1 (1): 16-27.
- [9] Tabaro S., Mutanga O., Rugege D. et Jean-Claude Micha. 2012. Crottes de lapin comme engrais organique dans étangs de terre, pour améliorer la croissance et production de tilapia du Nil, *Oreochromis niloticus* L., au Rwanda. Journal de l'Afrique, Sciences Agronomiques.
- [10] Van Vleet J. 1991. Raising Rabbits over Fish Ponds. In: VEVERICA, KL, ed. Third conference on the Culture of Tilapias at High Elevations in Africa, April, 1997, 1991, Rwasave Fish Farming Research Station-Rwanda. Auburn University: International Center for Aquaculture and Aquatic Environments, p26.
- [11] Tan C., D. Sun, H. Tan, W. Liu, G. Luo, X. Wei. 2018. Effects of stocking density on growth, body composition, digestive enzyme levels and blood biochemical parameters of *Anguilla marmorata* in a recirculating aquaculture system. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 18: 9-16. DOI: 10.4194/1303- 2712-v18_1_02.
- [12] Pouomogne V. 1994. L'alimentation du tilapia (*Oreochromis niloticus*) en étang. Evaluation du potentiel de quelques sous-produits de l'industrie agro-alimentaire et modalités d'apport des aliments. Thèse doctorale ENSAR. 101p.

Pour une planification optimale des terres agricoles périurbaines des arrondissements 3 et 4 de Bobo-Dioulasso au Burkina Faso

[For optimal planning of peri-urban agricultural lands in Bobo-Dioulasso districts 3 and 4 in Burkina Faso]

GANSAONRE Raogo Noël¹, SODORE Abdoul Azise², SANKARA Inoussa², and ZOUNGRANA Tanga Pierre²

¹Centre Universitaire de Gaoua, Université Nazi BONI, Laboratoire LERMIT, Burkina Faso

²Université Joseph KI-ZERBO, Laboratoire LERMIT, Burkina Faso

Copyright © 2023 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: Agricultural practices in peri-urban areas are an important lever in the struggle against food insecurity and poverty in cities. Despite their great importance, the suburban agriculture lands are constantly threatened by the expansion of the cities in which they are located. The agricultural land that is developing on the outskirts of arrondissements 3 and 4 of the city of Bobo-Dioulasso is illustrative of this situation. Faced with a growing demand for housing space, these reserves of agricultural land are often transformed into housing areas, with enormous consequences. A prospective study carried out according to two scenarios has made it possible to characterise the future evolution of anthropic and natural formations around these two districts by 2029. The first simulation with socio-economic considerations led to a result according to which the conurbation will record an annual progression of 9% to the disadvantage of the surrounding formations. The second projection, based on a planning component, reveals a fairly stable evolution of all the land use units in districts 3 and 4 of the city.

KEYWORDS: District, Bobo-Dioulasso, peri-urban agriculture, urban sprawl, land cover, urban planning, SpaCelle.

RESUME: Les pratiques agricoles dans les zones périurbaines constituent un levier important dans la lutte contre l'insécurité alimentaire et la pauvreté vécues dans les villes. En dépit de leur grande importance, ces terres agricoles périurbaines sont constamment menacées par l'extension des villes. Les terres agricoles qui se développent dans les périphéries des arrondissements 3 et 4 de la ville de Bobo-Dioulasso sont illustratives de cette situation. Face à une demande croissante en espace d'habitation, ces réserves de terres à vocation agricole se transforment le plus souvent en zones d'habitation dont les corollaires sont énormes. Une étude prospective menée suivant deux scénarios a permis de caractériser les évolutions futures des formations anthropiques et naturelles autour de ces deux arrondissements à l'horizon 2029. La première simulation à considérations socioéconomiques a débouché sur un résultat selon lequel l'agglomération enregistrera une progression annuelle de 9 % au détriment des formations environnantes. La seconde projection réalisée suivant un volet aménagement révèle plutôt une évolution assez stable de l'ensemble des unités d'utilisation et d'occupation des terres dans les arrondissements 3 et 4 de la ville.

MOTS-CLEFS: Arrondissement, Bobo-Dioulasso, agriculture périurbaine, étalement urbain, occupation des terres, planification urbaine, SpaCelle.

1 INTRODUCTION

L'agriculture urbaine et périurbaine occupe environ deux cents millions de producteurs et approvisionne près du quart de la population citadine mondiale [1]. C'est une activité qui fournit des produits de proximité, frais comme les légumes et offre des produits de base provenant des zones rurales connectées aux marchés urbains [2]. Elle couvre entre 20 et 50% des besoins alimentaires de consommation en ville [3], permettant ainsi de répondre aux besoins alimentaires dans les centres urbains [4]. En Afrique, l'agriculture périurbaine s'est révélée comme un secteur dynamique qui constitue avant tout, un moyen de subsistance et de pourvoyeur d'emploi pour certains citoyens [5]. Principalement pour l'Afrique subsaharienne, près de 40% des urbains dépendent de cette activité [6].

Au Burkina Faso, les pratiques agricoles en ville ont vu le jour durant la colonisation et permettaient d'assurer pleinement les besoins nutritionnels domestiques des missionnaires [7]. Sa persistance de nos jours dans les franges de nombreuses villes est la preuve du rôle prépondérant qu'elle joue dans la sécurité alimentaire des populations.

À Bobo-Dioulasso, 7% de la population pratiquent l'agriculture, constituée des cultures céréalières dans les zones périphériques et le maraîchage le long des cours d'eau [8]. Les pratiques agricoles dans la commune de Bobo-Dioulasso participent pour environ 25% à la formation du Produit Intérieur Brut (PIB) de la région des Hauts Bassins [9]. Au-delà de son importance alimentaire, l'agriculture périurbaine présente des enjeux environnementaux, sociaux et sanitaires pour la ville qui l'abrite [10].

Nonobstant toutes ces potentialités, cette activité peine à s'intégrer dans la sphère de la dynamique urbaine de Bobo-Dioulasso. La croissance rapide de la ville entraîne une montée en puissance de la problématique de conservation des zones agricoles, surtout celles situées à proximité des espaces urbanisés. Entre 2000 et 2015, la ville a enregistré un accroissement moyen spatial annuel de 0,03%, engendrant une occupation croissante du bâti sur les champs et jachères [11]. Malgré l'existence des documents de planification pour la ville de Bobo-Dioulasso, les textes afférents à la question foncière ne garantissent pas la pérennité des pratiques agricoles. Ils sont de nature à faire cesser les activités agricoles périurbaines [8]. C'est ainsi que des villages et des terres agricoles périphériques subissent régulièrement des pertes de superficies sous l'emprise de l'extension spatiale de la ville [12].

La question des pertes de terres agricoles périurbaines a fait l'objet d'une étude menée par [13]. Ces auteurs ont dénoncé la disparition de plusieurs villages et leurs terres agricoles relativement à la croissance spatiale de la ville de N'Djamena. Aussi [14] s'est penché sur la ville de Constantine pour dénoncer une agriculture qui se pratique sur des terres non sécurisées et appelées à disparaître à tout moment. [15] sont allés plus loin pour montrer l'évolution prospective des unités d'occupation des terres en Martinique.

Bobo-Dioulasso, seconde ville du Burkina Faso, est soumise à une croissance spatiale importante dont la conséquence est la disparition des terres agricoles qui jouent un rôle important pour sa population. Ce travail se penche principalement sur les options d'une planification durable des terres agricoles autour des arrondissements 3 et 4 de la ville de Bobo-Dioulasso. À cet effet, la question de recherche est formulée comme suit: comment parvenir à une gestion durable des espaces agricoles dans les périphéries des arrondissements trois (3) et quatre (4) de Bobo-Dioulasso ?

La réponse à cette question de recherche a nécessité d'étudier la dynamique des unités d'occupation des terres autour des secteurs 3 et 4 de la ville de Bobo-Dioulasso et d'en déduire les facteurs qui justifient cette dynamique.

Le présent travail s'articule autour des quatre points suivants: le cadre géographique, la démarche méthodologique, la présentation des résultats de la recherche, suivie d'une discussion des résultats.

2 CADRE GÉOGRAPHIQUE

Située dans la partie ouest du Burkina Faso, la commune de Bobo-Dioulasso appartient à la zone climatique sud-soudanienne, caractérisée par des quantités pluviométriques qui varient autour de 900 et 1000 mm d'eau par an. La saison pluvieuse dure environ six mois et s'étend entre les mois d'avril et septembre.

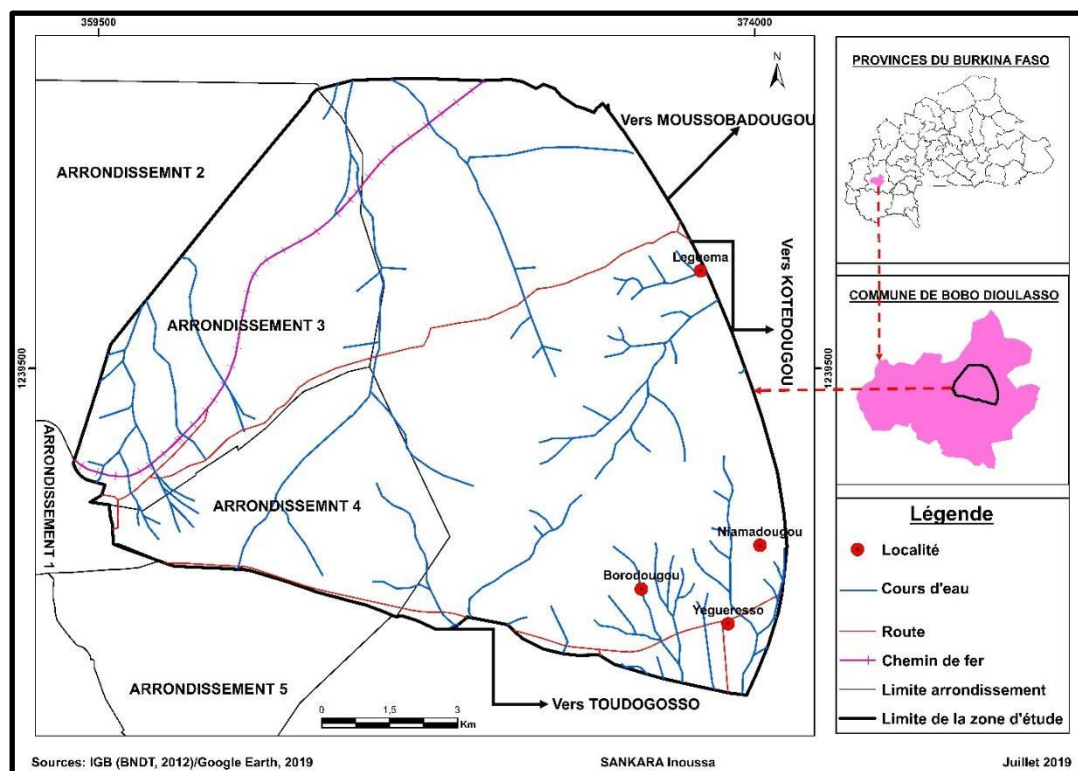


Fig. 1. Présentation de la zone d'étude

Sur le plan démographique, la population de la commune urbaine de Bobo-Dioulasso est passée de 291 383 à 983 552 habitants entre 1985 et 2019, soit une augmentation de 52,4 % en une trentaine d'années [16]. Principalement pour les arrondissements 3 et 4, les résultats du recensement général de la population et de l'habitat de 2019 révèlent qu'environ un quart (1/4) de la population communale y réside. Cette forte croissance démographique induit nécessairement une évolution spatiale de la ville. En effet, la surface de l'agglomération est passée d'environ 3 500 hectares en 1986 pour atteindre près de 15 000 hectares en 2011, soit une extension spatiale annuelle de 3,4%. Cette situation s'explique en partie par les vagues de lotissements qui ont suivi les demandes croissantes des populations en logements. En 25 ans, près de 10 000 hectares ont été lotis à Bobo-Dioulasso [9]. Dans certaines parties de la ville, l'extension a atteint ses limites à cause de l'existence de contraintes naturelles. Les parties les plus exposées à l'étalement urbain sont désormais les franges nord et est, qui correspondent aux périphéries des arrondissements 3 et 4.

La dynamique spatiale observée à Bobo-Dioulasso est si inquiétante qu'il convient d'étudier l'évolution des unités d'utilisation et d'occupation des terres à la périphérie de la ville, afin de fournir l'information utile aux décideurs pour une meilleure planification spatiale.

3 MÉTHODOLOGIE

3.1 OUTILS ET MATÉRIELS DE COLLECTE

Pour la collecte des données, un questionnaire et un guide d'entretien ont été élaborés à partir de l'outil KoBoCollect. Les données spatiales ont été recueillies à l'aide d'un GPS. Envi Classic, ArcGIS 10.5 et SpaCelle V518 ont été mobilisés respectivement pour la classification des images satellitaires, les analyses cartographiques et la modélisation des unités d'utilisation et d'occupation des terres.

3.2 COLLECTE DES DONNÉES

En vue de caractériser la dynamique d'évolution des unités d'utilisation et d'occupation des terres, des images satellitaires de 1999, 2010 et 2019 ont été a priori acquises sur la source USGS de Earth Explorer.

Les données quantitatives ont été collectées auprès des chefs de ménages des villages périurbains de Borodougou, de Léguéma et de Niamadougou. Dans le cadre de cette collecte, il s'agissait de déterminer la taille de l'échantillon dans chaque village avec pour objectif d'assurer une certaine représentativité statistique de la population. La population de base étant connue, la formule d'échantillonnage suivant:

$$Tme = [(Z\beta)^2 \times P(1-P) / d^2]$$

Tme = taille de l'échantillon; **Z β** = intervalle de confiance (95%);

P=Proportion attendue (0,5); **d** = marge d'erreur (50%).

Au total 154 chefs de ménages, soit une proportion de 11,76% des ménages ont été interrogés. Aussi, des informations sur l'urbanisation et le recul des terres agricoles périurbaines ont été recensées auprès des services de la municipalité, de la direction de l'urbanisme et de l'habitat, des services de l'agriculture et ceux de l'environnement.

3.3 TRAITEMENT DES DONNÉES

Les images satellitaires ont préalablement subi des corrections atmosphérique et géométrique. Pour la classification supervisée, les unités concernées sont principalement l'agglomération, les zones agricoles, les savanes et les plantations forestières. Elle s'est effectuée à partir de l'algorithme de la plus grande vraisemblance (Maximum Likelihood). Trois sites d'entraînement par unité d'utilisation et d'occupation des terres ont été identifiés pour permettre la vérification terrain à partir d'un GPS. Les traitements cartographiques qui ont suivi la post-classification ont permis d'aboutir à la cartographie des unités d'utilisation et d'occupation des terres, respectivement en 1999, en 2010, puis en 2019.

À partir de ces résultats, des projections à l'horizon 2029 ont été réalisées suivant deux scénarios. Le premier scénario dit « socioéconomique ou catastrophique » considère que l'évolution spatiale de la ville maintient son rythme sans une planification efficiente. Le second scénario qui simule « un aménagement planifié ou stabilité environnementale » admet une planification de la dynamique spatiale qui tient compte des enjeux environnementaux.

Dans la règle de la simulation, chaque unité représente un état cellulaire dont la force vitale est maximale à sa naissance et décroît avec l'âge jusqu'à sa mort naturelle. La transformation de l'état de l'individu dépendra de sa force vitale: il continuera de vivre, aussi bien que sa force de vie sera supérieure à sa force de transition. Dans le cas contraire, il se transforme dans un autre état dont les forces de transition lui sont prépondérantes.

La durée de vie de l'état cellulaire est évaluée à partir de la formule de calcul de l'espérance de vie des espèces en écologie, en tenant compte de leur taux d'extinction [17].

Soit **N1** le nombre de cellules appartenant à un état cellulaire au temps **t0**;

N2 le nombre de cellules au temps **t1**.

Le taux d'extinction est égal à: $t = \frac{N1-N2}{(t1-t0) \times N1}$

La durée de vie s'obtient en faisant l'inverse du taux d'extinction: **D=1/t**.

L'application de cette règle a permis d'atteindre des résultats qui se situent à deux niveaux: la dynamique de l'occupation des terres entre 1999 et 2019 et son évolution à l'horizon 2029.

4 RÉSULTATS

4.1 ÉVOLUTION DES UNITÉS D'UTILISATION ET D'OCCUPATION DES TERRES

Sur la base des données satellitaires et celles collectées auprès des acteurs de l'urbanisme, une cartographie a été élaborée en vue de ressortir la dynamique spatiale des unités d'utilisation et d'occupation des terres entre 1999 et 2019.

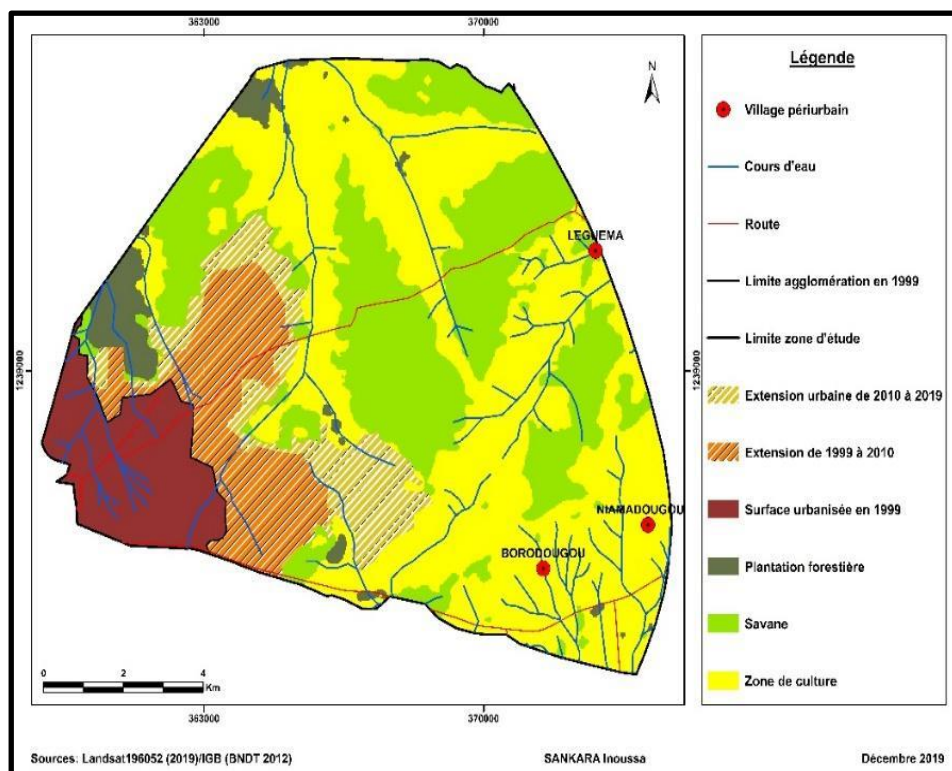


Fig. 2. Évolution des unités entre 1999 et 2019

L'observation de la figure 2 montre qu'au cours des deux décennies (1999-2019), l'agglomération est la seule unité qui a constamment demeuré dans une dynamique progressive. Sa superficie est passée de 1247 ha en 1999 pour atteindre 3753 ha en 2019 et cela dans le mépris des entités environnantes.

Principalement pour les zones de culture, plus du dixième (1/10) de leur superficie a été colonisé par les habitations au cours de la première décennie. Durant la deuxième décennie, la même dynamique a été observée avec une augmentation de plus de 4% du taux de conversion observé entre 1999 et 2010.

L'extension rapide de la ville s'explique principalement par la croissance démographique qui a parfois obligé les autorités à entreprendre des opérations de lotissement (Figure 3).

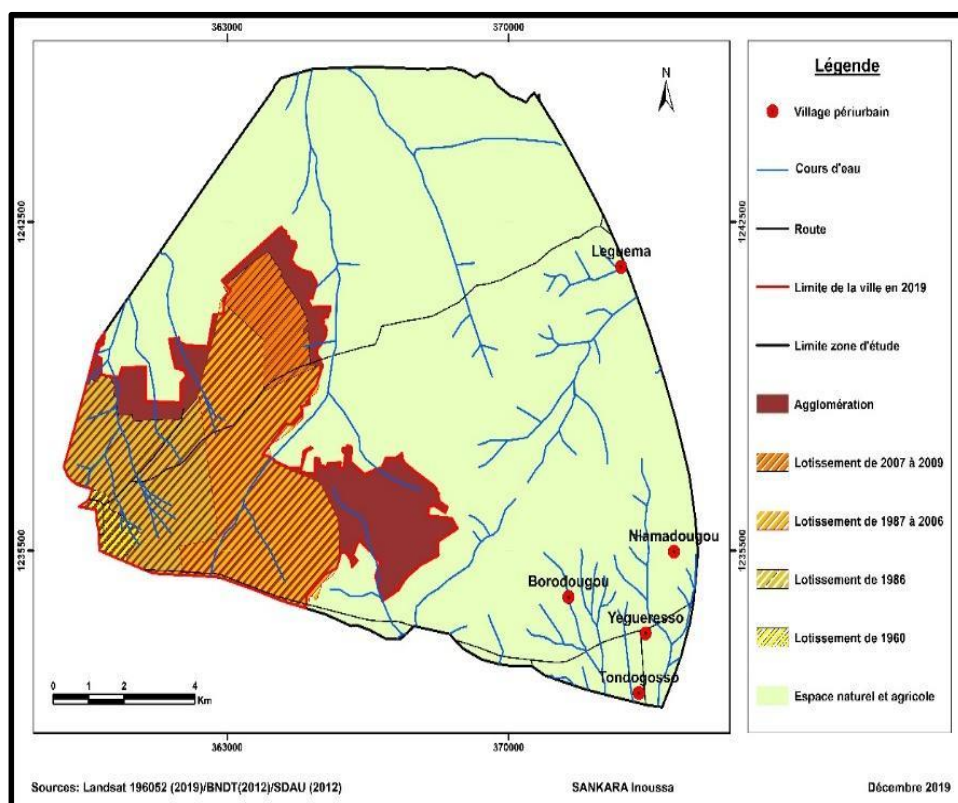


Fig. 3. Lotissements périodiques de la ville

Les aménagements d'envergures réalisés pour répondre au besoin croissant de logements se sont parfois réalisés sans tenir compte des espaces agricoles périphériques. Une analyse effectuée sur espaces agricoles intégrés dans les prévisions des documents de planification confirme cette réalité (figure 4).

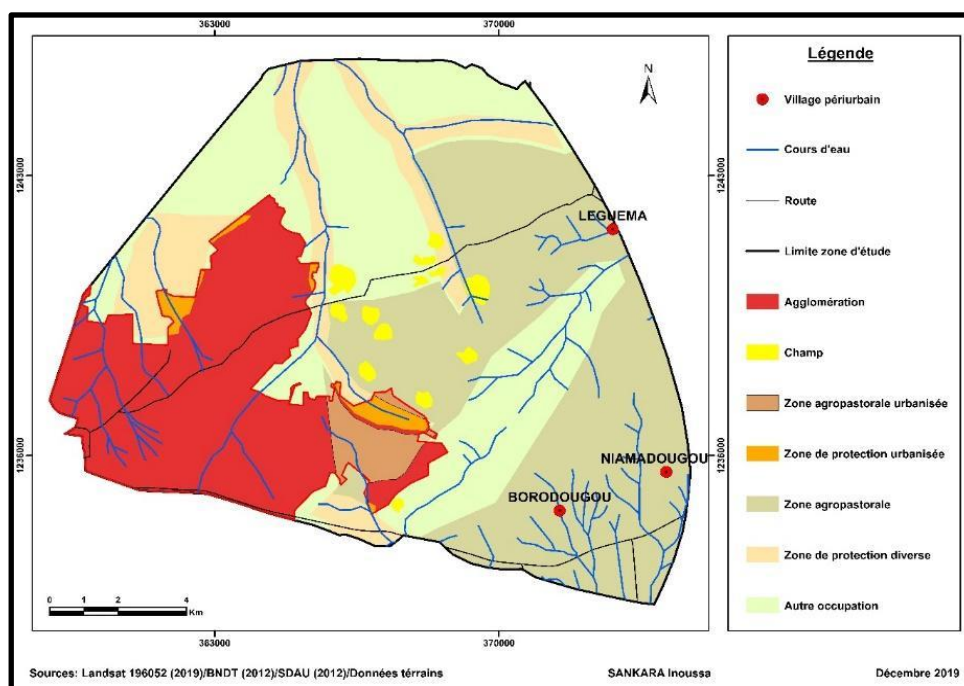


Fig. 4. Empiètement des terres agricoles planifiées

La figure ci-dessus montre que les espaces destinés aux activités agropastorales sont progressivement émiettés au profit des zones urbanisées. Ainsi, environ 308 hectares destinés aux pratiques agropastorales délimitées dans le cadre du SDAU 2012 ont été engloutis par l'urbanisation. En effet, sur une superficie de 5 617,62 hectares de zones agropastorales définies par ledit document, 5,5% d'espaces avaient déjà été engloutis par la ville en 2019.

Les pertes de terres agricoles les plus importantes se localisent au sud-est de la zone. Cette périphérie de la ville a connu une extension considérable, au point où ses limites bordent actuellement celles de la forêt classée de Kwa. Malgré l'existence de documents de planification pour la ville, son extension spatiale s'est parfois réalisée au-delà des prévisions. Au regard de ce constat alarmant, une modélisation sur le devenir de ces terres agricoles se révèle importante en vue d'interpeller les acteurs et d'orienter les prises de décision dans les planifications de la ville.

4.2 PROJECTION DES UNITÉS D'UTILISATION ET D'OCCUPATION DES TERRES

4.2.1 PROCESSUS DE VALIDATION DE LA SIMULATION

La simulation a été lancée à partir des images de 1999 et 2010 en vue d'aboutir à une cartographie des unités d'utilisation et d'occupation simulées en 2010 et en 2019 (figure 5 et 6). À partir des résultats de la simulation, une comparaison est effectuée avec la réalité observée en 2010 et en 2019 pour permettre la validation du modèle [18].

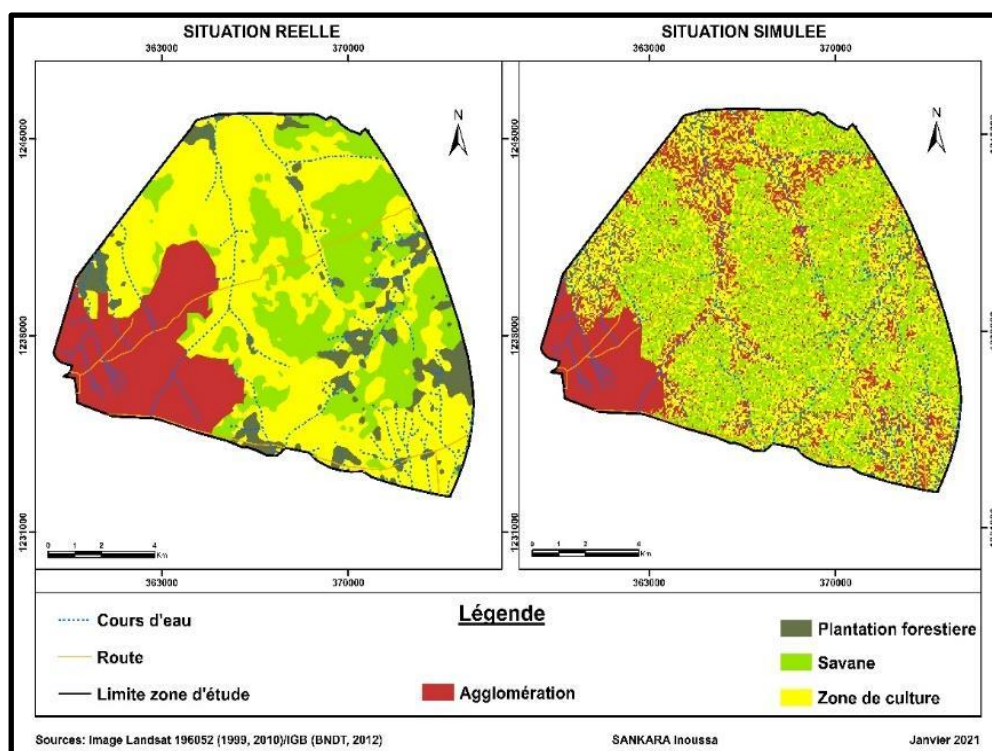


Fig. 5. Situation observée et simulée en 2010

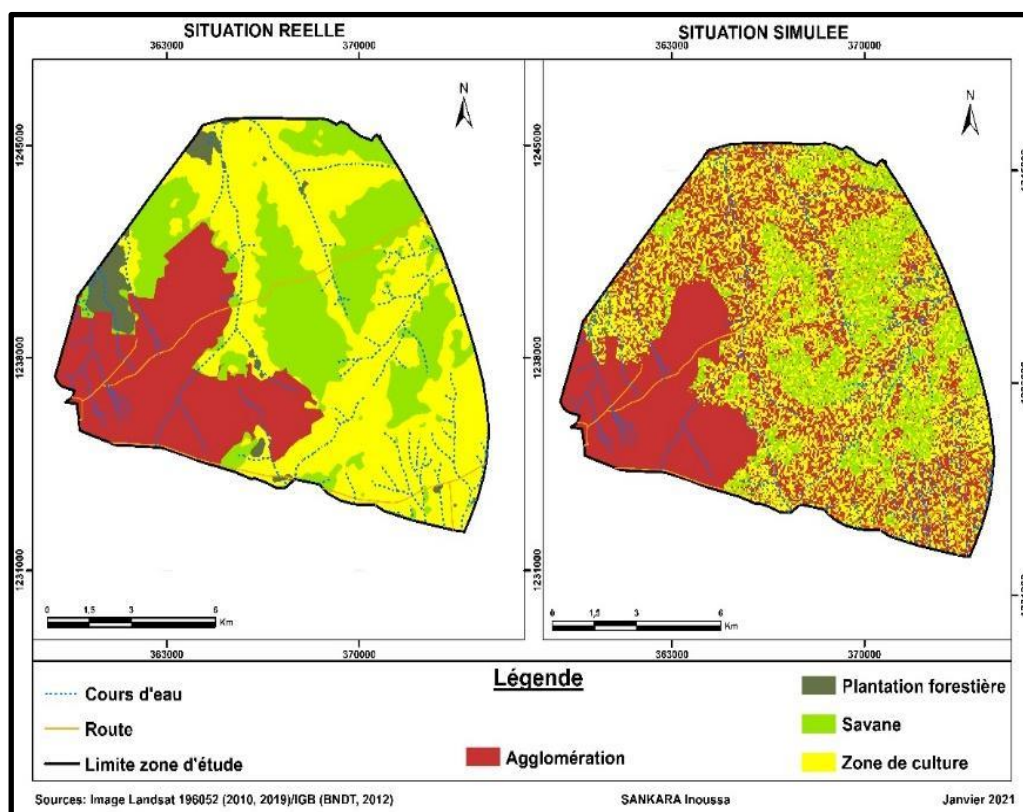


Fig. 6. Situation observée et simulée en 2019

L'analyse des figures 5 et 6 montre une tendance générale de l'expansion de la ville qui s'effectue au détriment des autres unités d'occupation des terres. En 2010, l'extension de la ville a été beaucoup plus remarquable dans sa partie nord. Le sud a aussi subi une extension, mais moins importante par rapport au nord. L'occupation urbaine s'est plus effectuée sur les zones agricoles. À l'inverse, les plantations forestières ont été faiblement affectées par cette extension. En 2019, l'extension de la ville s'est encore accélérée. Une densification de l'habitat s'observe un peu partout sur l'étendue de la zone. Les résultats de la prédiction en 2019 ont aussi mis en exergue une expansion de la ville sur les emblavures agricoles. L'habitat urbain s'est même répandu sur des champs très éloignés, entraînant leur recul sur le reste des unités d'utilisation et d'occupation des terres.

Les résultats des simulations ont permis de calculer les proportions des différentes unités (tableaux 1 et 2). L'objectif étant de les comparer aux proportions réelles, afin que cela puisse soutenir les résultats visuels pour valider le modèle.

Tableau 1. Proportions réelles et simulées en 2010

Unités	Sup. réelle (2010)	Prop. réelle (2010)	Sup. simulée (2010)	Prop. simulée (2010)	Différence
Agglo.	2710	18,22%	2862	19,39%	1,16%
Plan. For.	1274	8,57%	1341	9,09%	0,52%
Savane	3546	23,84%	3788	25,66%	1,81%
Champ	7342	49,37%	6773	45,87%	-3,49%
Total	14872	100,00%	14765	100,00%	0,00%

Source: Landsat 1999 ETM+ projeté

Tableau 2. Proportions réelles et simulées en 2019

Unités	Sup. réelle (2019)	Prop. réelle (2019)	Sup. simulée (2019)	Prop. simulée (2019)	Différence
Agglo.	3753	25,23%	3909	26,28%	1,05%
Plan. For.	472	3,17%	775	5,21%	2,04%
Savane	4033	27,12%	2828	19,01%	-8,10%
Champ	6615	44,48%	7363	49,50%	5,02%
Total	14872	100,00%	14876	100,00%	0,00%

Source: Landsat 2010 ETM+ projeté

Les proportions des simulations contenues dans les tableaux 1 et 2 montrent que la superficie de la ville est nettement en progression entre 2010 et 2019.

Les zones de culture ont aussi enregistré une légère augmentation en 2019 par rapport à leur superficie de 2010. Les plantations forestières et surtout les savanes ont par contre enregistré des pertes importantes de leur superficie au cours de cette période.

Nonobstant quelques différences observées, il ressort une tendance générale maintenue entre les situations observées et celles prédites. Le modèle peut ainsi être validé à partir des résultats obtenus qui serviront à la projection des unités d'utilisation et d'occupation des terres à l'horizon 2029.

4.2.2 ÉVOLUTION DES UNITÉS D'OCCUPATION DES TERRES À L'HORIZON 2029

4.2.2.1 ÉVOLUTION SELON LE SCÉNARIO SOCIOÉCONOMIQUE

Sur la base du scénario socioéconomique, les différentes unités d'occupation des terres sont projetées pour se faire une idée de la trajectoire de l'espace étudiée à l'horizon 2029. La configuration spatiale obtenue est illustrée à partir de la figure 7 suivante.

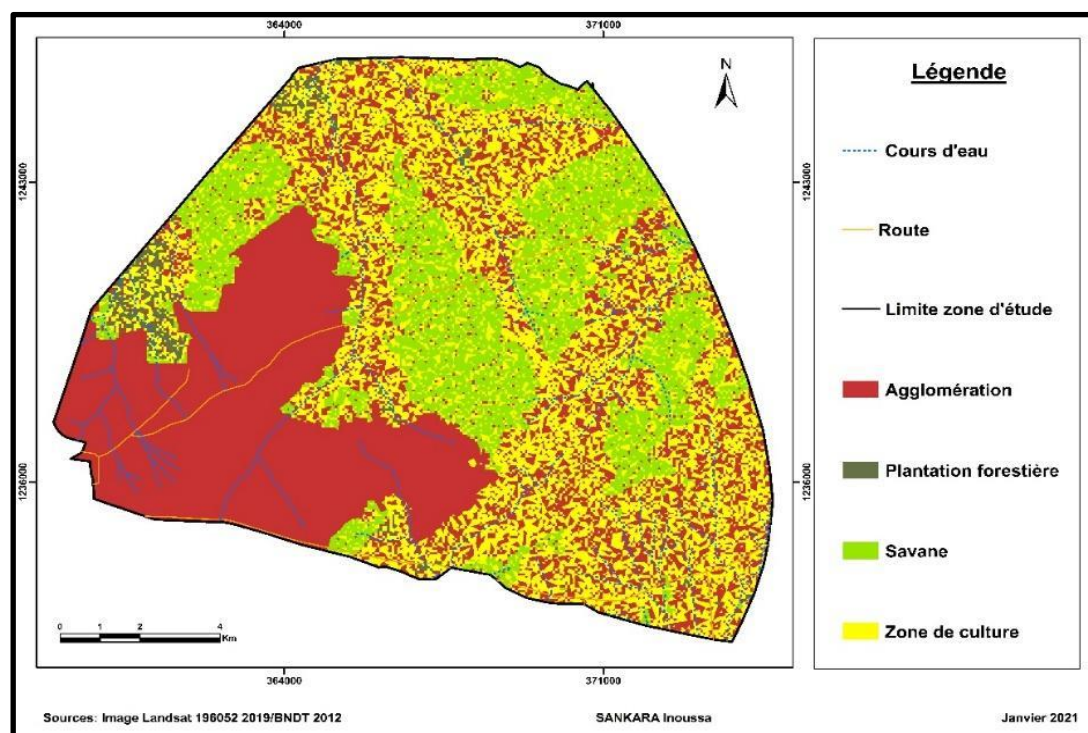
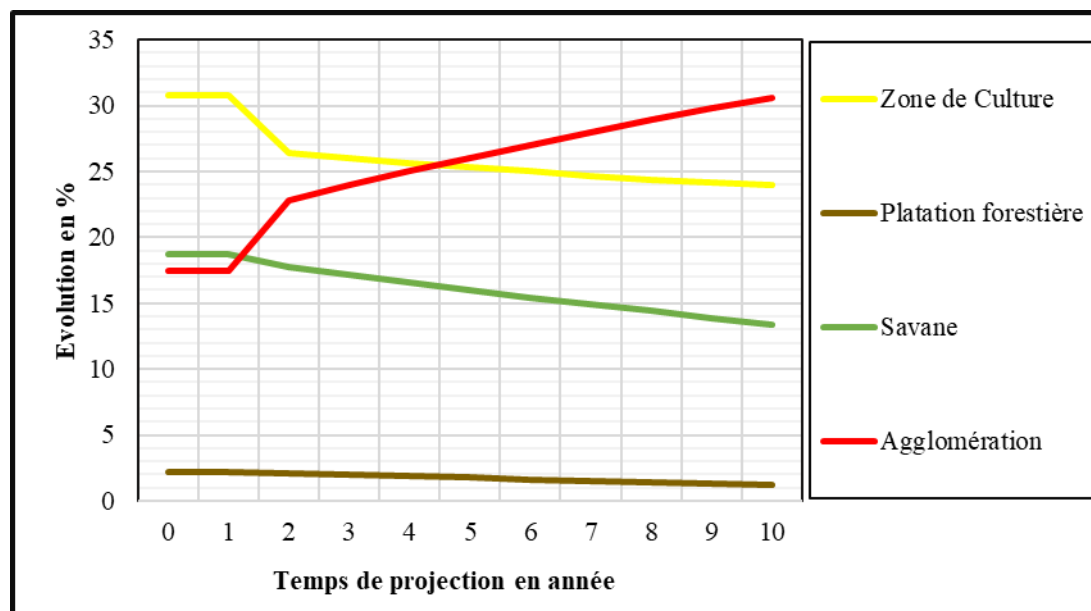


Fig. 7. Projection des unités en 2029: scénario socioéconomique

La figure 7 révèle qu'en 2029, la ville aurait atteint toutes les limites de la zone. Les superficies agricoles auront largement diminué. Les savanes suivront également la même tendance que les emblavures agricoles. Quant aux plantations forestières, elles sont à peine visibles sur la figure, ce qui signifie qu'elles auront presque disparu en 2029.

Au cours de la simulation, SpaCelle permet de ressortir à partir d'un graphique, les tendances des évolutions cellulaires. Le graphique 1 traduit ainsi les états d'évolutions possibles des différentes unités à l'horizon 2029.



Graphique 1: États des unités à l'horizon 2029

Source: Projection SpaCelleV5

Le graphique 1 prévoit une croissance exponentielle de la ville d'ici à 2029. En effet, il révèle que la ville enregistrera une augmentation de sa superficie qui pourrait passer du simple au double entre 2019 et 2029. À l'inverse, les zones de culture et les savanes subiront des pertes considérables de leurs superficies. Dans cette situation, les plantations forestières auront presque disparu.

L'évaluation du taux moyen d'expansion spatiale annuelle permettra de percevoir le rythme des évolutions futures des unités. Le tableau 3 fait un récapitulatif de l'évolution moyenne annuelle possible que connaîtrait chacune des unités d'occupation des terres entre 2019 et 2029.

Tableau 3. Taux moyen annuel d'évolution des unités entre 2019 et 2029

Unités d'occupation	2019	2029	Évolution annuelle entre 2019 et 2029	
	Sup (ha)	Sup (ha)	T (%)	Nature
Agglomération	3753	9680	9,48	Progression
Savane	4033	1049	-13,47	Régression
Plantation forestière	472	0,3	-73,53	Régression
Zone de culture	6615	4138	-4,69	Régression

Source: Landsat8 +projeté

Le tableau 3 montre que la ville est la seule unité qui pourra enregistrer une progression d'ici à 2029. Sa superficie connaîtra une évolution moyenne qui atteindra 9% annuellement. Par contre, les superficies des autres unités d'occupation des terres étudiées connaîtront toutes des régressions. La plus spectaculaire de ces pertes sera visible au niveau des plantations forestières qui pourront subir une régression annuelle spatiale de près de 3/4 de leur superficie.

Tous ces résultats laissent penser que la situation tendra vers la catastrophe si aucune initiative d'aménagement n'est entreprise. Les plantations forestières disparaîtront. Les pertes des superficies agricoles vont contraindre certains paysans à

cultiver des champs plus éloignés, ce qui pourrait complexifier le ravitaillement de la ville. D'autres agriculteurs se trouveront dans l'obligation d'abandonner les activités agricoles par manque d'espaces cultivables.

Au regard de la tendance d'évolution des unités révélée par le scénario socioéconomique, il est nécessaire d'adopter une stratégie allant dans le sens d'une planification qui tient compte de toutes les unités d'occupation des terres.

4.2.2.2 ÉVOLUTION DES UNITÉS D'OCCUPATION DES TERRES SELON LE SCÉNARIO AMÉNAGÉ

Les hypothèses développées dans ce scénario révèlent une prise en charge de l'ensemble des unités d'utilisation et d'occupation des terres dans la planification urbaine. Elles considèrent que chacune des unités d'occupation des terres pourrait se retrouver avec une durée de vie doublée ou triplée à l'horizon 2029. Sur la base de ces aspects, le processus de la simulation a été réécrit pour les cellules et qui ont été cartographiées à l'horizon 2029 (figure 8).

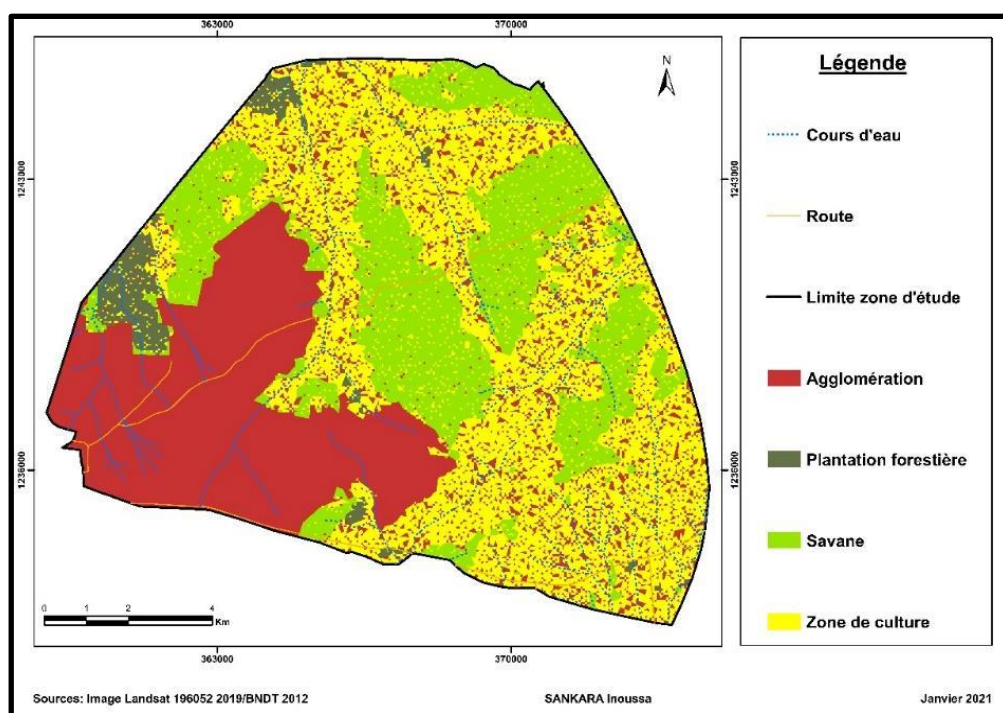
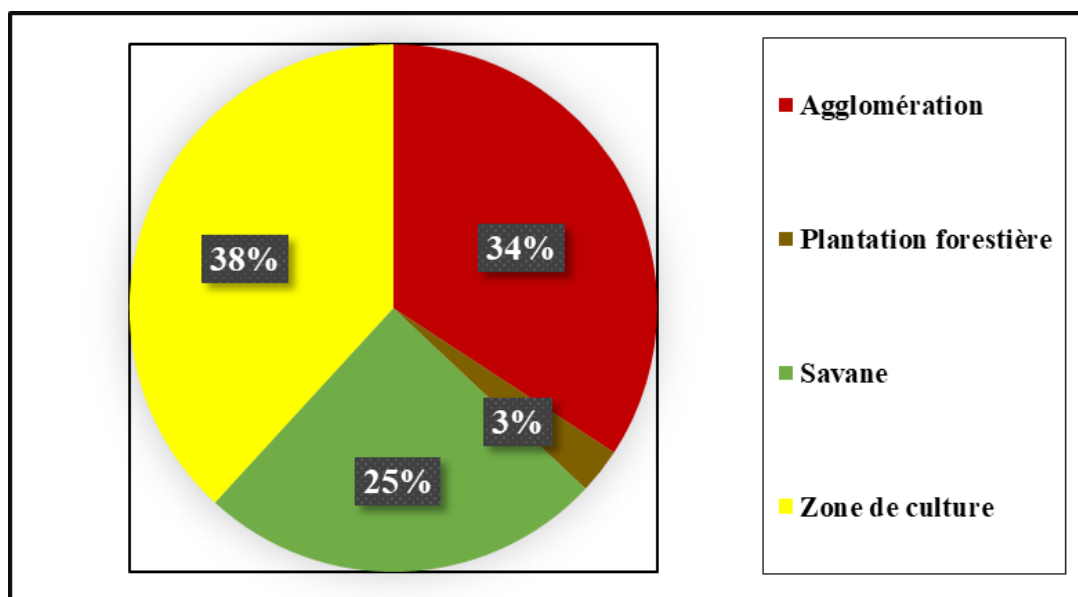


Fig. 8. Projection des unités en 2029: scénario planifié

La figure 8 décrit la configuration des unités en 2029 selon le scénario de l'aménagement planifié. Elle prévoit l'état d'une évolution relativement stable des unités d'utilisation et d'occupation des terres. La croissance de la ville s'est sensiblement réduite.

Il en est de même pour les pertes de terres agricoles et des savanes. La figure illustre également une importante réapparition des plantations forestières autour de la ville. La superficie conservée par chaque unité d'occupation des terres à l'horizon 2029 est évaluée et mentionnée sur le graphique 2 ci-dessous.



Graphique 2: proportion des unités planifiées

Source: Landsat 2019 OLI-TIRS projeté

Le graphique 2 est illustratif de la stabilité observée dans l'évolution des différentes catégories d'occupation et d'utilisation des terres. En effet, la présence d'une importante superficie de terres agricoles se révèle sur la zone à l'horizon 2029 (plus du 1/3 de la superficie totale). Il est de même pour les formations végétales dont la superficie excédera le 1/4 de l'espace étudié à l'horizon 2029.

L'augmentation des superficies agricoles pourrait s'expliquer par leur prise en compte dans les politiques de planification. De ce fait, les activités agricoles demeureront autour de la ville pour répondre aux besoins alimentaires des populations.

Par ailleurs, le maintien des espaces naturels autour de l'agglomération va constituer à la fois une ceinture verte pour la ville et une barrière à son étalement. La présence des formations végétales à proximité de la ville permettra également de répondre aux besoins en produits ligneux des populations.

5 DISCUSSION

L'utilisation du modèle SpaCelle a permis de connaître l'évolution prospective des unités d'occupation des terres dans les arrondissements 3 et 4 de Bobo-Dioulasso. La simulation dans les considérations socioéconomiques et aménagées offre différentes tendances pour chacune des catégories d'occupation des terres.

L'étude prospective menée sur la base des aspects socioéconomiques qui y prédominent a révélé que les deux arrondissements connaîtront un étalement aux dépens des espaces ruraux périphériques. Des études similaires ont déjà été menées pour aboutir à des résultats identiques. Ainsi [18] ont pu montrer l'étalement de la ville de Rouen à partir de la modélisation sur SpaCelle. Les résultats de l'étude ont révélé une extension de l'habitat sur les pourtours de l'espace aggloméré, entraînant une périurbanisation sur les villages ruraux. De même [15] ont employé le même modèle pour montrer l'évolution prospective des unités d'occupation des terres en Martinique. Dans la simulation, les auteurs parviennent à montrer que la pression démographique sur les espaces urbains entraîne un recul des espaces naturels et agricoles. Les résultats de leur étude prédisent les mêmes tendances d'évolution pour les unités d'occupation des terres à l'horizon 2025.

Également [19] sur la ville de Rennes a fait de ressortir dans un premier temps les impacts des documents d'urbanisme pour la ville. L'auteur parvient à localiser les zones susceptibles d'être urbanisées dans le futur. Le but étant de permettre une mise en place des mesures vis-à-vis de la biodiversité.

6 CONCLUSION

L'agriculture pratiquée dans les zones périphériques de la ville de Bobo-Dioulasso présente de multiples avantages socioéconomiques pour la ville. Malgré ce rôle primordial, elle éprouve d'énormes difficultés à s'intégrer dans la dynamique spatiale de la ville. Cette étude portée sur quatre unités d'occupation des terres révèle une emprise croissante des arrondissements 3 et 4 sur les champs et les formations naturelles. La projection des unités d'occupation des terres dans les arrondissements 3 et 4 a-t-elle permis de ressortir la configuration de son espace à l'horizon 2029. À l'inverse du scénario socioéconomique qui prévient que la zone sera agglomérée au 3/4 de sa superficie au détriment des autres unités, le scénario de l'aménagement planifié aspire des tendances d'évolutions plutôt stables pour toutes les unités à l'horizon 2029. Il conviendrait donc qu'il soit pris en compte par les décideurs pour pallier les revers de l'extension urbaine.

REFERENCES

- [1] FERNANDES P. 2005. Agriculture périurbaine et approvisionnement des villes. Master Dev TAT-UNC, 66 pages.
- [2] BRICAS N. et al., 2003. « Sécurité alimentaire et urbanisation; enjeux pour l'agriculture intra et péri-urbaine ». 12 pages.
- [3] FAO, 1997. Programme FAO: « Approvisionnement et distribution alimentaires des villes », 14 pages.
- [4] GRAVEL A., 2016. Les pratiques agroécologiques dans les exploitations agricoles urbaines et périurbaines pour la sécurité alimentaire des villes d'Afrique subsaharienne. Mémoire de maîtrise en écologie internationale, université de Sherbrooke Sherbrooke, Québec, Canada, 104 pages.
- [5] SCHEROMM P. et al., 2015. « L'agriculture intra-urbaine à Montpellier (France) et à Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). Pour mieux vivre en ville et mieux vivre la ville », in *De la ville durable à la nature en ville. Entre homogénéité urbaine et contrôle social. Regards croisés nord/sud*, Villeneuve-d'Ascq, presses universitaires du septentrion, 13 pages.
- [6] DIEDHIOU O. et al., 2020. « Agriculture urbaine à Ziguinchor (Sénégal): des pratiques d'autoconsommation favorables à l'essor de filières d'approvisionnement urbaines durables ». *Espaces populations sociétés*, 23 pages.
- [7] Moussa Sy, Imogen Bellwood-Howard et René van Veenhuizen, 2016. Document d'orientation politique sur l'agriculture urbaine à Ouagadougou, Burkina Faso, 34 pages.
- [8] IAGU, 2006. Étude exploratoire sur l'agriculture urbaine dans la ville de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso), 104 pages.
- [9] Ministère de l'Urbanisme et de l'Habitat, 2012. Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (SDAU) de la ville de Bobo Dioulasso, horizon 2030, 185 pages.
- [10] BOUSDIRA Y., 2015. L'agriculture en frange périurbaine, élément de valorisation du territoire périurbain ? Mémoire de Séminaire, école nationale supérieure d'architecture de Toulouse, 93 pages.
- [11] KABORE H., 2015. *Contribution de la Télédétection et du SIG à l'étude de la dynamique spatiale de la ville de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso*. Projet de fin d'étude au Centre Régional de Formation aux Techniques des levés Aérospatiaux (RECTAS), 83 pages.
- [12] ROBINEAU O., 2013. *Vivre de l'agriculture dans la ville africaine: une géographie des arrangements entre acteurs à Bobo-Dioulasso, Burkina Faso*. Thèse de doctorat de 3^e cycle de géographie et aménagement de l'espace, Université Paul Valéry Montpellier III, 379 Pages.
- [13] NGARESSEM M. et al., 2012. « La dynamique d'extension spatiale de N'Djamena, une menace pour l'agriculture périurbaine », volume 11, numéro 1, 11 pages.
- [14] BENDJABALLAH B., (2013). « Politiques urbaines, terres agricoles et marché foncier: quel avenir pour l'agriculture périurbaine à Constantine (Algérie) ? », Cah Agric, vol. 22, n°6, 8 pages.
- [15] AUPPETIT A., et al 2010. « Perspective spatiale de la Martinique: les changements d'occupation du sol ». Université Paul Valéry, 40 pages.
- [16] Institut National de la Statistique et de la Démographie, 2020. Cinquième Recensement Général de la Population et de l'Habitat du Burkina Faso, 55 pages.
- [17] OLOUKOI J. 2013. « Scénario socioéconomique et écologique des changements de l'occupation des terres au Bénin ». *Vertigo-la revue électronique en science de l'environnement*, volume 13, numéro 1, 26 pages.
- [18] DUBOS P. et al., 2005. « Modéliser et simuler l'évolution urbaine par automate cellulaire avec SpaCelle ». Université des sciences et de la technologie d'Oran, pp. 1-12.
- [19] AGUEJDAD R., 2009. Étalement urbain et évaluation de son impact sur la biodiversité, de la reconstitution des trajectoires à la modélisation prospective. Application à une agglomération de taille moyenne: Rennes métropole. Thèse de doctorat de géographie, Université Rennes 2 haute Bretagne, 372 pages.

Données préliminaires sur la lithologie du forage d'eau de Diovo à Mbujimayi

[Preliminary data on the lithology of the Diovo water borehole in Mbujimayi]

Télesphore Mayiba¹, Albert Kalau², Divin Tshimanga³, Elie Tshinguli⁴, Maclin Kabongo⁵, Mersa Kabangu⁶, Hippolyte Mutombo¹, Trésor Mulunda¹, and Crispin Musambayi⁵

¹Chef des Travaux à l'Université officielle de Mbujimayi, RD Congo

²Chef des Travaux à l'ISTA Kolwezi, RD Congo

³Assistants à l'Université de Lubumbashi, RD Congo

⁴Assistants à l'Université de Kolwezi, RD Congo

⁵Assistant à l'Université officielle de Mbujimayi, RD Congo

⁶Assistant à IBTP, Mbujimayi, RD Congo

Copyright © 2023 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 formations crossed by the forage belong to the Bushimay System. They are essentially made up from top to bottom of soft formations (loose) including Sands and Sandstones subject to frequent landslides and which require appropriate protection methods and hard formations including limestone with hard sub-horizontal layers.

Two essential parameters make it possible to interpret the ground crossed in the forage: the nature of the cuttings and the speed of penetration of the forage tool. The nature of the cuttings relates to the description of the different geological formations.

KEYWORDS: lithology, drilling, water, Diovo, Mbujimayi.

RESUME: Les formations traversées par le forage appartiennent au Système de Bushimay. Elles sont essentiellement constituées de haut en bas de formation tendres (meubles) comprenant les Sables et les Grès sujettes aux éboulements fréquents et qui nécessitent des méthodes de protection appropriées et des formations dures comprenant les calcaires à couches subhorizontales dures.

Deux paramètres essentiels permettent d'interpréter le terrain traversé dans le forage : la nature de boutures et la vitesse de pénétration de l'outil de forage. La nature des déblais se rapporte à la description des différentes formations géologiques.

MOTS-CLEFS: lithologie, forage, eau, Diovo, Mbujimayi.

1 INTRODUCTION

L'eau, c'est la vie. L'eau est à l'origine de la vie, dit-on. Elle constitue une substance indispensable au maintien de la vie à tous les niveaux de l'échelle biologique et microbiologique.

Quant à la ville de Mbujimayi, outre ces qualités, l'eau constitue une ressource naturelle renouvelable et conservable de première qualité pour plusieurs raisons. Le service public de desserte en eau potable, la Régideso, ne parvient plus à desservir toute la population de la ville. Elle est vétuste et depuis longtemps, elle n'a pas songé à suivre l'étalement de la ville et étendre son réseau de distribution. En outre, les surfaces bâties de la ville de Mbujimayi ont été multipliées par 15 par rapport à l'année d'installation de la Régideso en 19 (Kambi, 1986).

Donc, dans la ville de Mbujimayi, la pénurie d'eau est très sévère. C'est ainsi que depuis un certain temps, certaines ONGD (la FOMI) et partenaires (la CTB) ont essayé d'implanter dans la ville des bornes fontaines à travers la ville pour palier au problème de carence ou de rareté d'eau potable.

A cet effet, 21 forages ont été implantés dans la périphérie de la ville et marqués physiquement sur terrain à l'aide de bornes en béton armé. Ces forages sont situés dans les communes de Kanshi (2), Bipemba (16) et Dibindi (3).

Dans la Commune de Kanshi, les deux forages sont réalisés dans les quartiers Luzumu 1 et 2 au niveau des cellules Kabelu et Takizala. Ces forages étant localisés en bordure de la rivière Mbujimayi, leur implantation a tenu compte du fait qu'ils devaient être situés à une certaine distance de la rivière afin d'éviter tout risque de contamination des eaux de forages par le rejet d'exploitation de la MIBA qui possède ses installations d'exploitations en amont.

Dans la Commune de Bipemba, 16 forages ont été implantés dans les différents quartiers tels que: un forage dans le quartier site Tshibombo en bordure du bassin hydrographique de Nzaba, deux forages dans le quartier Katu en bordure du bassin hydrographique de Nzaba; quatre forages dans le quartier Divo en bordure du bassin hydrographique de Nzaba; deux forages dans le quartier Kanshi en bordure du bassin hydrographique de Kanshi; un forage dans le quartier Ditunga Dyetu au bord du bassin hydrographique de la Muya, quatre forages dans le quartier Kanjiya, implantés dans le bassin hydrographique de la Muya, deux forages dans le quartier Diowa et RVA au bord du bassin hydrographique de Nzaba.

Dans la commune de Dibindi, on a implanté 3 forages dans les quartiers Misesa 1, 2 et 3. Ces forages sont implantés en bordure de la rivière Mbujimayi.

Cette étude analyse les données lithologiques d'un des forages implantés dans la ville de Mbujimayi, le forage du quartier Divo F1, et contribue à la description lithologique de la ville.

Le choix de ce forage se justifie par le fait c'est dans la commune de Bipemba ou un grand nombre de forages ont été installés et aussi parce que ce forage représente la stratigraphie succincte du système de la Bushimay sur lequel est bâti la ville de Mbujimayi.

2 CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE

2.1 CONTEXTE GEOGRAPHIQUE

Le forage sous étude est l'un de quatre forages implantés dans la commune de Bipemba dans la ville de Mbujimayi au quartier Divo. Ces coordonnées géographiques sont 23°32'46,0" de longitude Est, 06°09'23,9" de latitude Sud, et à 660 m d'altitude. La carte n°1 localise les différents forages implantés dans la ville de Mbujimayi. Leurs positionnements ont été relevés au moyen d'un GPS.

Le relief de notre secteur d'étude est un bas plateau, l'altitude varie généralement autour de 600 et 800 m (E. Polinard, 1935). Ce bas plateau a une inclinaison Sud-Nord et présente des surfaces peu accidentées et mollement vallonnées (P. RAUCQ, 1958).

Le climat du Kasai Oriental est type A selon la classification de Koppen. Il s'agit d'un climat tropical humide. La température moyenne annuelle varie de 25°C dans le Nord à 22,5°C dans le Sud de la province. La température diurne du mois le plus froid est supérieure à 18°C. Les variations annuelles des températures sont peu importantes. Leur écart varie entre 1,5 à 2° suivant les saisons (A. Focan et W. Mullenders, 1995).

Les études récentes de (A. Kambi, 1984), ont montré que dans la région de Bakwanga, les températures moyennes annuelles ont une tendance à la hausse (l'augmentation varie entre 0,6 et 1°C). Par sa position par rapport à l'équateur, le Kasai-Oriental connaît un climat tropical humide caractérisé par deux saisons à savoir: la saison pluvieuse longue de 6 à 9 mois et la saison sèche de 3 mois.

Les principaux facteurs qui déterminent le climat du Kasai oriental sont la forêt au nord et la savane au centre et au sud.

La végétation luxuriante et variée parsème l'ensemble de la province et est caractérisée au Nord par la forêt équatoriale, au Centre par la savane boisée et au Sud par le prolongement de la savane et de steppes.

L'hydrographie de notre secteur est dominée par deux rivières majeures: Bipemba et Muya. Ces dernières jouent le rôle d'une véritable colonne vertébrale, étant donné qu'elles traversent le centre de la région du Kasai-Oriental et baigne presque tous les territoires administratifs. Trois réseaux hydrographiques différenciés, étroitement, liés à la géologie de la région sont mise en évidence (A. Kambi, 1984).

2.2 CONTEXTE GEOLOGIQUE

Le sol de notre secteur est meuble et est Considérée comme étant un produit de l'altération sur place ou presque des formations du substratum et des matériaux des formations de couverture résultant du transport et du dépôt au-dessus du substratum. Parallèlement à ces observations, des matériaux mixtes résultant d'une contamination plus ou moins importante des premiers matériaux par les seconds et enfin des sols latéritiques ont été circonscrits (P. Gilson et L. Liben, 1960).

La géologie de la région est représentée par des sédiments crétacés recouvrant des sédiments protérozoïques principalement la dolomite et un complexe du socle granitique (Cahen L, 1951). Elles sont groupées de manière générale en deux ensembles principaux qui sont de haut en bas: Les formations de couverture qui sont constituées des roches tendres ou meubles constituées des couches subhorizontales et datant du crétacé inférieur et du cénozoïque et le soubassement datant du précambrien et constitué des formations sédimentaires plus au moins plissées, des formations magmatiques et des roches cristallines. (Delhal et al. 1970).

Le soubassement du Super Groupe de Bushimay est constitué par des roches carbonatées, ce super groupe est subdivisé en trois Séries dont deux seulement affleurent au Kasai (P. Raucq, 1975). Le secteur de Bakwanga est parsemé par des roches calcaires et des calcaires dolomitiques ainsi que des grès arkosiques qui est souvent calcaro-feldspathiques ou argileux, de teintes allant de rouges aux mauves (E. Polinard, 1925; L. Cahen, 1951, 1954; P. Raucq, 1956).

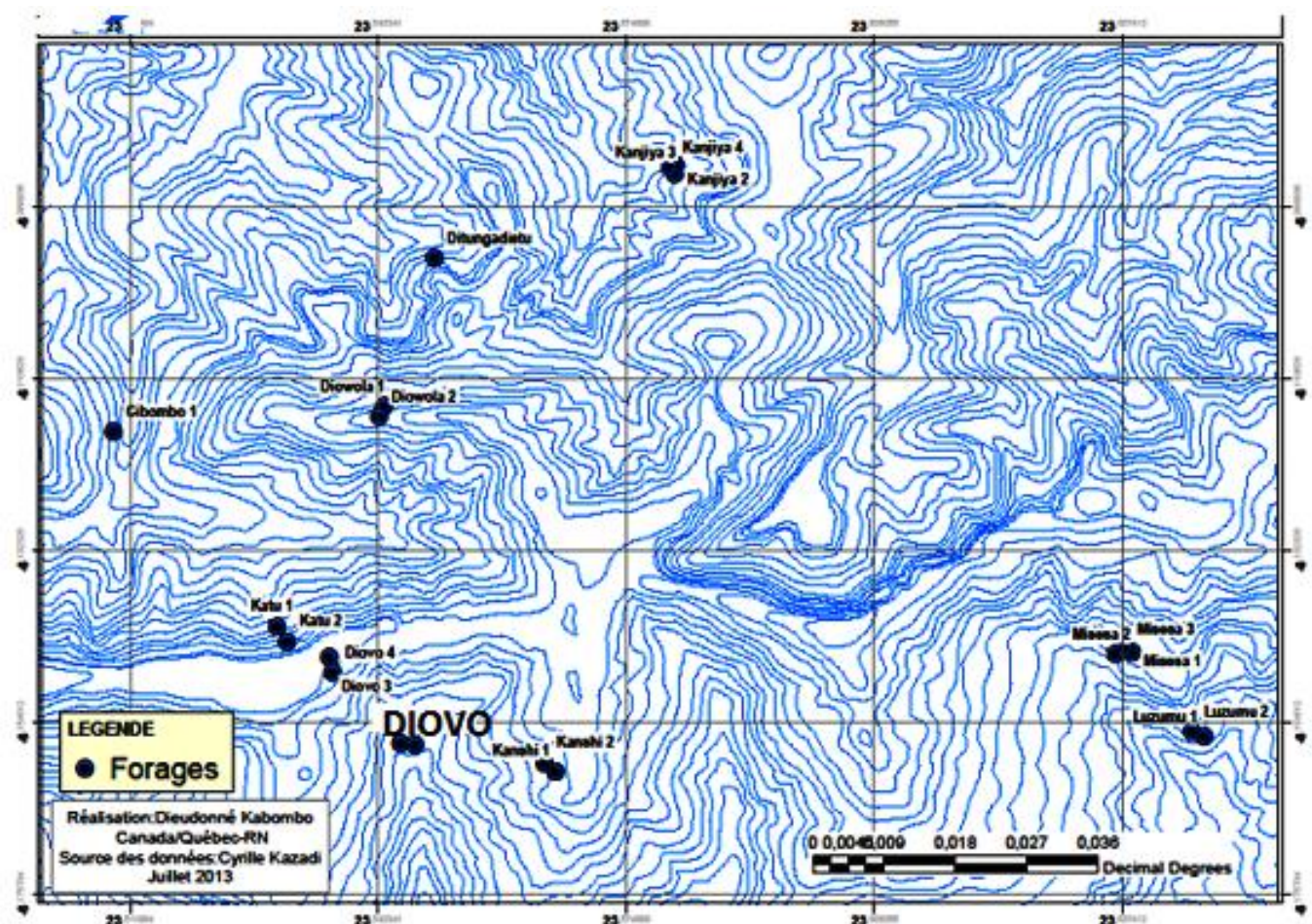


Fig. 1. Localisation de forage de Divo implantées dans la région de Mbuji-Mayi

3 METHODE ET TECHNIQUES

Pour réaliser cette étude, nous avons recouru à la méthode descriptive. Cette méthode s'est appuyée sur 2 techniques à savoir l'observation, l'analyse documentaire.

Du point de vu forage, le mode utilisé est le rotary et la profondeur provisionnelle est de 77,50 m. Les boues de forage sont essentiellement constituées de la bentonite et polymère. Les tubes de protection sont constitués pour l'avant trous de 3 m, le tube en acier 19" et pour la phase 17"1 /2 le tube en acier 14".

Les tubes de protection concernaient seulement les couches tendres, les tubes d'exploitation sont des PVC de 8" de diamètre, permettant ainsi la défense d'une pompe émergée de 6". Cette colonne était constituée d'un tube crépine sur ± 20 et d'un tube plein avec un bouchon de fond d'un tube à sédiment.



Fig. 2. Forage d'eau de Divo (Forage destructif)

4 PRESENTATION DES RESULTATS

La ville de Mbuji-Mayi est située dans une région karstique. Cette région va du Lac Munkamba au Nord - Ouest à Katanda au sud est sur une longueur de plus moins 150 km et de Tshilunde au nord à Lukalaba au sud sur une largeur de plus ou moins 100 km.

L'étude porte alors sur la nappe contenue dans les formations calcaires qui, généralement dans la stratigraphie de Bushimay présente des horizons susceptibles de constituer de grands réservoirs d'eau

Le tableau 1 donne les relevés des avancements et la lithologie du forage de Divo.

Tableau 1. Résultats sur les avancements de forage et différentes passes lithologiques de la région de Diovo, Mbuji-Mayi, RDC

Diamètre du trou (en pouce)	Profondeur (m)		Mètre foré	Temps (h et sec)	Vitesse (m/h)	Lithologie	Observations
	DE	A					
27" 1/2	0	3	3	-	-	Sable argileux rougeâtre	Avant-trou, fonçage manuel, tubage en 19" et cimentation
17" 1/2	3	31	28	34'	10,71	Sable argileux jaunâtre	Sable à grains grossiers. Tricône à dents
17" 1/2	31	34	3	1h04'	11,32	Gravier à Grès polymorphe	Contact sable-grès rouge à éléments grossier.
17" 1/2	34	38	4	1h11'	4,68	Argile	Argile rougeâtre à grains fins
17" 1/2	38	40	2	1h13'	4,68	Sable argileux rougeâtre	Sable à grains grossiers. Tricône à dents
17" 1/2	40	76	36	18'	1,66	Grès dur	Craquements et rebondissement de l'outil. Perte totale d'injection à 70m. contact grès-calcaire
17" 1/2	76	77,5	1,5	2'	30	Calcaire dur	Craquements et rebondissement de l'outil. Tricônes à pastilles Quasi refus d'avancement fin forage.

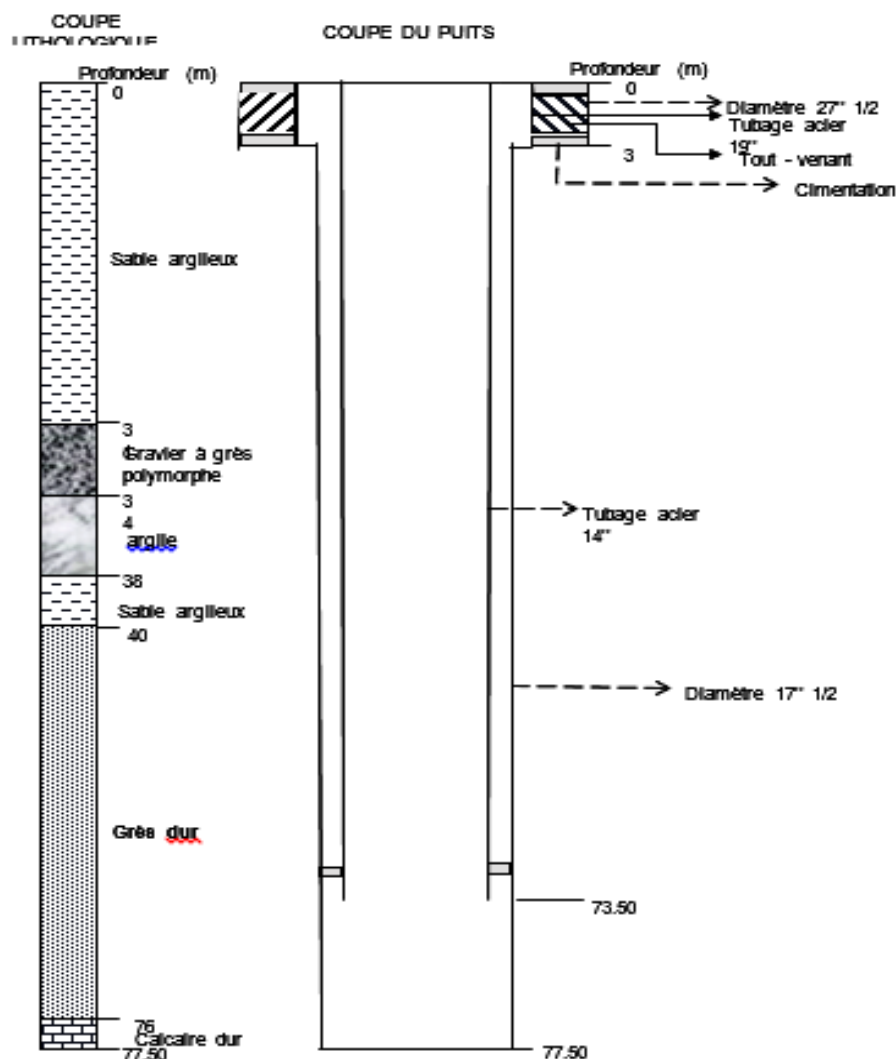


Fig. 3. Forage F1 du secteur de Diovo (FOMI, 2010)

Les profondeurs renseignées ici sont des profondeurs maximales compte tenu du degré de précision sur l'altitude de l'orifice et du rabattement saisonniers (quelques 2 à 3 mètres) du niveau hydrostatique dans la région.

Toutefois, pour positionner le forage, les critères suivants ont été respectés:

- Le positionnement du puits dans les alignements des zones à cartographie de décalcification. Ces alignements soulignent les directions préférentielles des circulations des eaux souterraines; c'est-à-dire, les alignements éventuels de galerie des circulations d'eau souterraines
- La recherche des sources d'eaux et résurgence en relation avec des fissurations de microtechniques en remettant les sources de résurgences de l'aval (vallée de la Mbuji-Mayi) vers l'amont
- L'aquifère visée dans la région est l'aquifère karstique dans les calcaires dolomitiques du super groupe de la Mbuji-Mayi dont les possibilités de débit sont supérieures à ceux des grès fins d'âge crétacé

Ainsi, pour éviter des forer sur des grandes profondeurs dans les grès mésozoïques peu productif, le puits a été positionné dans la zone de dépression fermée qui est géomorphologiquement active pour la maximiser des infiltrations en augmentant la productivité de la zone en région karstique.

5 DISCUSSION

Les formations traversées par le forage appartiennent au Système de Bushimay. Elles sont essentiellement constituées de haut en bas de formation tendres (meubles) comprenant les Sables et les Grès sujettes aux fréquents éboulements et qui nécessite des méthodes de protection appropriées et des formations dures comprenant les calcaires à couches subhorizontales dures.

Deux paramètres essentiels permettent d'interpréter le terrain traversé dans le forage: la nature de cuttings et la vitesse de pénétration de l'outil de forage. La nature de cuttings se rapporte à la description de différentes formations géologiques citées tandis que les différentes vitesses de forage sont contenues dans le tableau I).

Dans l'ensemble, le forage de Divo effectué dans le système de la Bushimay traverse deux grandes formations: les formations tendres et les formations dures.

6 CONCLUSION

La région de Divo est généralement constituée par des formations tendres (et / ou meubles tels que les sables et des grès) et de formations dures.

6.1 FORMATION TENDRES

Ces formations sont constituées de la manière suivante:

- Les Sables argileux rougeâtres et jaunâtres ou altérites (épaisseur 31.00m. Voir Fig. 2) avec des alternances des grains fins et grossiers. Ces Sables non consolidés seraient le résultat d'un transport de débris d'une roche préexistante, la désagrégée dont la grande fraction en mégas et végétaux a été lessivée, la couleur jaunâtre serait le résultat d'une oxydation dans ces faciès jaunâtre des petites revues d'eaux. Dans le forage, cette partie non consolidée est sujette aux fréquentes éboulements, d'où la nécessité d'être protégé avec un tubage en acier (voir Fig. 2)



Fig. 4. Grès polymorphes de Diovo

- Le Gravier à Grés Polymorphe formations post-Tertiaires un mélange de blocs de Gravier avec le Grés Polymorphe de couleur rouge brun, tendre fin (épaisseur 3m. Fig 2)
- L'Argile rougeâtre avec une épaisseur de 4,00m et une couche de Sable argileux rougeâtre (épaisseur 4,00m)



Fig. 5. Boues argileuses rougeâtre de Diovo

- Les Grès rougeâtres et jaunâtres avec des alternances dures et tendres (épaisseur 36,00mm. Fig. 2). Ces roches dont la diagenèse couleur jaunâtre, une circulation des eaux et oxydation de ceux-ci. A la base de ces faciès au contact avec le calcaire, on observe la présence de la calcite



Fig. 6. Grès rougeâtres à jaunâtres de Diovo

Dans le forage, cette partie présente parfois de resserrement de la paroi sur les microfaciès argileux, qui gonflent et qui en même temps présentent des plans de glissement provoquant d'incessantes éboulements. D' où la nécessité de le protéger avec un tubage en acier (voir Fig. 2).

6.2 FORMATIONS DURES

Elles sont constituées des calcaires durs (épaisseur forcée 1,75m voir Fig. 2). Les microfaciès des couleurs gris, gris sombres et noirâtres.

Dans le forage, cette partie n'est pas protégée comme dans le premier cas, mais présente d'énorme difficulté. Cela du fait qu'il y a perte d'injection dans le calcaire, lorsqu'on fore à la boue. Les cuttings sont chassées par la pression de l'injection. Deux phénomènes importants amènent à une perte de profondeur:

Les cuttings chassées vers les ouvertures sont maintenus dans celles-ci lorsque seulement la pression de l'injection est appliquée. Lorsque l'injection est coupée les eaux contenues dans les ouvertures ont tendances à migrer vers la zone de basse pression qui est le puits entraînant avec les cuttings. Ceux-ci s'ajoutent aussi à ceux qui étaient en suspend et tombent sur le fond du puits et amènent à une perte de profondeur. La perte de profondeur est fonction du temps d'arrêt de l'injection.



Fig. 7. Calcaire de Divo

REFERENCES

- [1] Bultot, F., 1954, Notice de la carte des zones climatiques du Congo Belge et au Rwanda-Uniadi, AC. Moy. Sc. Col, Atlas général du Congo, 33p.
- [2] Cahen L, Snelling N-J., Delhal, Vail J. R, Bonhomme M., Ledent D. (1984): *the geochronology and evolution of Africa*, Clarinellon Press, 496p.
- [3] Cahen, L. 1954: Géologie du Congo belge. Vaillant-Carmanne, Liège, 580 pp.
- [4] Cahen, L., 1951, Données nouvelles concernant la géologie et la géomorphologie du Kasai-Oriental, Ann. Soc. Géol. Belg. 122p.
- [5] Delhal, J. (1977): Le complexe tonalitique de Kanda Kanda et données géochronologiques comparées des unités Archéennes du Kasai. Mus. Roy. Afr Central, Tervuren (Belg), Dép. géol. Min., Rapp. Ann.1976, pp 64-83.
- [6] Delhal, J. (1991): Situation géochronologique 1990 du précambrien du Sud Kasai et de l'Ouest du Shaba. Mus. Roy. Afr. Centr, Tervuren (Belg), Dép. Géol. Min, Rapp. Ann 1989-1990. pp 119-125.
- [7] Duvigneaud P. et J. LEONARD, 1953: Carte Schématique des principaux aspects de la végétation au Congo belge, les naturalistes, Belges, 34p.
- [8] Focan, A. et W. Mullenders, 1955: saisons et périodes sèches et plusieurs au Congo Belge, Publ. INEAC.55 p.
- [9] FOMI (2010): synthèse des forages réalisés par la fondation MIBA, édition Inedit.
- [10] Foucault, A; Raoult, S.F. 1995, Dictionnaire de géologie, éd. Masson, Paris, 4876 p.
- [11] Genin C', Histoire de la spectroscopie d'absorption atomique, Thèse de doctorat, université de Nanterre, 2002.
- [12] Gilson, P. et L. Liben, 1960, Etude des sols dans le Kasai, Service Géographique Congo-Belge, 66p.
- [13] Kambi, D., 2001, phénomène de ravinement dans la ville de Mbujimayi (Rep. Dém. Congo). géographie, 10-17, ISP.
- [14] Lepersonne, J. 1974: Carte géologique du Zaïre dressée par les géologues du Mus. Roy. Afr. Centre. Et du BGRM sous sa direction. Dessinée au Musée et imprimée à l'I.G.M., Bruxelles.
- [15] Mabilot (1971): le forage d'eau, Paris, 2eme éd, Masson, 237p.
- [16] Michel Detay (1993): le forage, Paris 3èmeéd, Masson, 379p.
- [17] Polinard, E. 1925: Constitution géologique des régions de la Bushimaie et de la Lubi aux confins de la Province Congo-Kasai et Katanga. Ann. Soc. Géol. Belg., Publ. Rel.C.B., 52, 4, C. 179-218.
- [18] Polinard, E. 1935: La géographie physique de la région du Lubilash, de la Bushimaie et de la Lubi vers le 6e parallèle Sud. Mém. Inst. Roy. Col. Belge, sc.nat. et méd., in-4°, 4, 1, 31pp.
- [19] Raucq, P. (1975, Succession des événements géologiques de système de Bushimay, Géol. Congo, 214p.
- [20] Raucq, P. 1956: Coupe dans le Mésozoïque de la région de Bakwanga -Kasai, Congo belge. Ann. Soc. Géol. Belg., 79, B. 249-276 pp.
- [21] Raucq, P. 1970: Nouvelles acquisitions sur le système de la Bushimay. Ann. Mus. Roy. Afr. Centr., Tervuren, Belg. n°69,156p.

Etude hydrogéologique sur le forage d'eau de Kanjiya à Mbujimayi: Une contribution à l'analyse stratigraphique du système de la Bushimay

[Hydrogeological study on water drilling from Kanjiya to Mbujimayi: A contribution to the stratigraphic analysis of the Bushimay system]

Télesphore Mayiba¹, Maclin Kabemba Kabongo², Crispin Musambayi², Mersa Kabangu³, Albert Kalau⁴, Divin Tshimanga⁵, and Elie Tshinguli⁶

¹Chef de travaux à l'université officielle de Mbujimayi, Faculté des sciences département de géologie, RD Congo

²Assistant à l'université officielle de Mbujimayi, Faculté des sciences département de géologie, RD Congo

³Assistant à l'IBTP Mbujimayi, RD Congo

⁴Chef des Travaux à l'ISTA Kolwezi, RD Congo

⁵Assistant à l'Université de Lubumbashi, RD Congo

⁶Assistant à l'Université de Kolwezi, RD Congo

Copyright © 2023 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 hydrogeological problems posed by the KANJIYA borehole are multiple. Kanjiya is a district located in the commune of Bipemba in the town of Mbujimayi. Although a network of 24 boreholes has been established in the town of Mbujimayi, the KANJIYA borehole has never been studied as a whole from a hydrogeological point of view. It was therefore necessary to categorise the water table, determine its hydrodynamic parameters and study its behaviour during pumping tests. The data was collected by lithological description of the cuttings taken every metre from the sediments traversed by the borehole (the rotary) with a planned depth of 117.60 meters. The data from the flow tests and the existing geological and hydrogeological knowledge allowed us to categorise the water table and its hydrodynamic parameters and to reconstruct the lithological successions of the hydrogeological units. It has been shown in this work that KANJIYA belongs to a zone of the Bushimay system and the vertical lithological section shows the succession: clayey sand, more or less soft sandstone, weathered limestone, hard limestone, fissured limestone, cavity and hard limestone. The water table is encountered in a fissured limestone at a depth of 84.50 meters; its behaviour during pumping tests shows that it is semi-captive. The hydrodynamic parameters are favourable for exploitation at a flow rate of over 80 m³ per hour. A low drawdown, a slow descent of the hydrostatic level and a rapid rise in the water table when pumping stops would explain the influence of a more altered and fissured aquifer.

KEYWORDS: Hydrogeology, geology, drilling, sounding, water table, aquifer, hydrostatic level, drawdown.

RESUME: Les problèmes hydrogéologiques posés par le forage de KANJIYA sont multiples. Kanjiya est un quartier situé dans la commune de Bipemba dans la ville de Mbujimayi. Si un réseau de 24 forages a été implanté dans la ville de Mbujimayi, le forage de KANJIYA n'a jamais été étudié dans son ensemble sur le plan hydrogéologique. Il était donc nécessaire de catégoriser la nappe, déterminer ses paramètres hydrodynamiques et étudier le comportement de cette dernière lors des essais de pompage. Les données ont été récoltées par description lithologiques des « cutings » prélevés tous les mètres des sédiments

traversés par le forage (le rotary) ayant une profondeur prévisionnelle de 117,60 mètres. Les données des essais de débit et des connaissances géologiques et hydrogéologiques existantes nous permis de catégoriser la nappe et ses paramètres hydrodynamiques ainsi que la reconstitution des successions lithologiques des unités hydrogéologiques. Il a été démontré dans ce travail que KANJIYA appartient à une zone du système de Bushimay et la coupe lithologique verticale montre la succession: sable argileux, grès plus ou moins tendre, calcaire altéré, calcaire dur, calcaire dur, calcaire fissuré, cavité et calcaire dur. La nappe est rencontrée dans un calcaire fissuré à une profondeur de 84,50 mètres; son comportement lors des essais de pompage montre qu'il s'agit d'une semi-captive. Les paramètres hydrodynamiques sont favorables à l'exploitation de celle-ci à un débit supérieur à 80m³ par heure. Un faible rabattement, une descente lente du niveau hydrostatique et une remontée rapide de la nappe à l'arrêt du pompage expliquerait l'influence d'un aquifère plus altéré et plus fissuré.

MOTS-CLEFS: hydrogéologie, géologie, forage, sondage, nappe, aquifère, niveau hydrostatique, rabattement.

1 INTRODUCTION

Dans la dernière décennie, les techniques de recherche d'exploitation et de prospection ont permis une meilleure compréhension des eaux souterraines et de leurs intégrations dans le cycle de l'eau car une grande partie de l'eau potable de la planète se trouve dans les eaux souterraines. Ces réserves invisibles sont même environ 150 fois plus abondantes que les eaux de surface. Pour évaluer les propriétés physiques des formations aquifères qui contiennent ces réserves, on a recours aux essais de pompage, fondamentaux en hydrogéologie.

Ces ressources ont de multiples fonctions et usages. Si les eaux de surface sont essentielles pour la préservation de la biodiversité, pour l'agriculture, la pêche et l'élevage, les eaux souterraines constituent une ressource qui, du fait de sa plus forte résilience à la variabilité climatique, est d'une grande importance durant les périodes de sécheresse. Pour la ville de Mbujimayi, outre ces qualités, l'eau constitue une ressource naturelle renouvelable et conservable de première qualité pour plusieurs raisons. Le service public de desserte en eau potable, la Regideso, ne parvient plus à desservir toute la population de la ville. Elle est vétuste et depuis longtemps, elle n'a pas songé à suivre l'étalement de la ville et étendre son réseau de distribution. En outre, les surfaces bâties de la ville de Mbujimayi ont été multipliées par 15 par rapport à l'année de l'installation de la Regideso. Donc, dans la ville de Mbujimayi, la pénurie d'eau est très sévère. C'est ainsi que depuis un certain temps, certaines ONGD dont la FOMI (Fondation Miba) et partenaires (la CTB) ont essayé d'implanter des bornes fontaines à travers la ville pour palier au problème de carence ou de rareté d'eau potable.

Nous avons souhaité, par ce travail ajouter un plus à la connaissance hydrogéologique sur la nappe de Mbujimayi, comme c'est un cas pratique, cette contribution serait évidente.

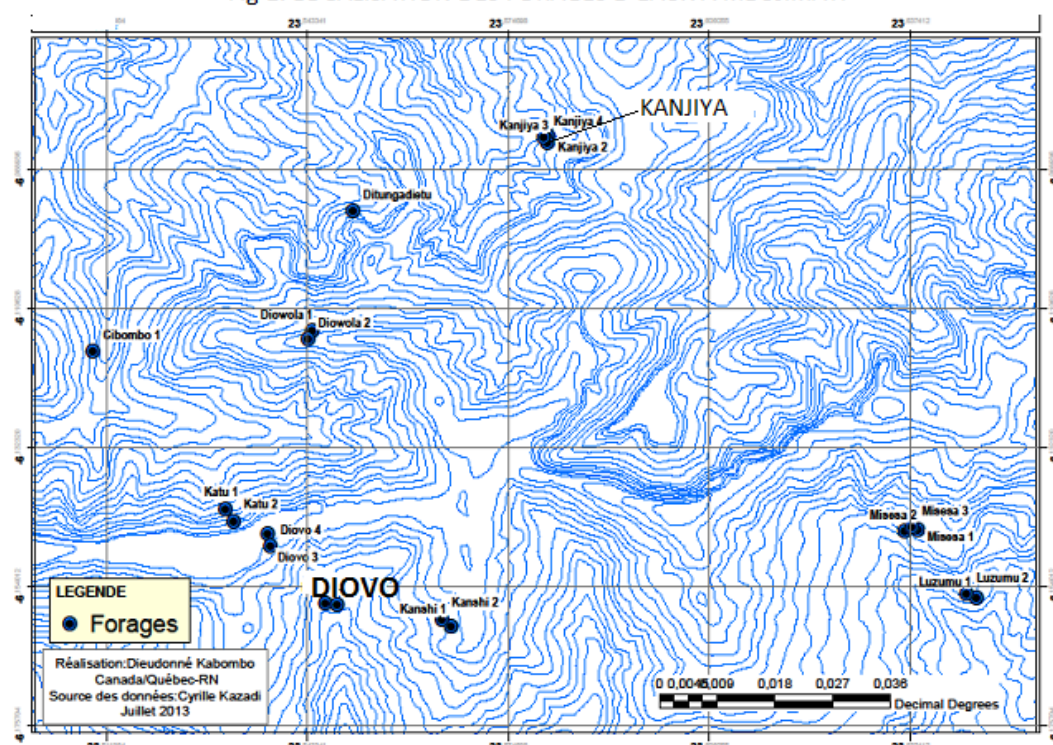
Cette étude analyse les paramètres hydrogéologiques d'un des forages implanté dans la ville de Mbujimayi, le forage du quartier Kanjiya, et contribue à l'étude hydrogéologique de la ville de Mbujimayi.

La carte n°1 localise les différents forages implantés dans la ville de Mbujimayi. Leurs positionnements ont été relevés au moyen d'un GPS

2 LOCALISATION DU FORAGE SOUS ETUDE

Le forage sous étude est l'un de vingt-quatre forages implantés dans la commune de Bipemba dans la ville de Mbujimayi au quartier Kanjiya. Ces coordonnées géographiques sont (23°34'50 " de longitude Est, 06°04'56" de latitude Sud, et à 600 m d'altitude. Le choix de ce forage se justifie par le fait que c'est dans la commune de Bipemba où un grand nombre de forages ont été installés et aussi parce que ce forage représente la stratigraphie succincte du système de la Bushimay sur lequel est bâti la ville de Mbujimayi.

Fig 1: LOCALISATION DES FORAGES D'EAUX A MBUJIMAYI



3 METHODE ET TECHNIQUES

Pour réaliser cette étude, nous avons recouru à la méthode descriptive-explicative. Cette méthode s'est appuyée sur 2 techniques à savoir l'observation et l'analyse documentaire. De plus, nous nous sommes servis de la description lithologique des « cuttings » prélevés tous les mètres des sédiments traversés par les forages réalisés au mois de février 2010 dans le cadre de l'ancienne campagne de forage réalisé par Gauff du Programme eau de l'Engence Belge de Développement, de leurs données des essais de débit et des connaissances géologiques et hydrogéologiques existantes. Ces observations ont permis une reconstitution des successions lithologiques des unités hydrogéologiques (mise en évidence du socle cristallin et ses dépôts continentaux) et de déterminer quelques caractéristiques hydrodynamiques.

En ce qui concerne le forage, le mode utilisé est le rotary et la profondeur provisionnelle est de 117,60 m. Les boues de forage sont essentiellement bentonitique et polymère. Les tubes de protection sont constitués pour l'avant trous de 3 m, le tube en acier 19" et pour la phase 17" 1/2 le tube en acier 14".

Les tubes de protection concernaient seulement les couches tendres, les tubes d'exploitation sont des PVC de 8 "de diamètre, permettant ainsi la descente d'une pompe émergée de 6". Cette colonne était constituée d'un tube crépine sur ± 20 m et d'un tube plein avec un bouchon de fond d'un tube à sédiment.

4 PRESENTATION DES RESULTATS

Cette étude porte sur la nappe contenue dans les formations carbonatées qui généralement dans la stratigraphie de Bushimay présentent des horizons fissurés susceptibles de constituer de grands réservoirs d'eau. Les données hydrogéologiques de ce forage se présentent de la manière suivante:

Les travaux préparatoires de ces essais ont consisté en un essai de préparation qui nous amène à définir des débits qui ont servi de paliers, les eaux pompées ont été dirigées vers la rivière Muya, située à ± 1 km au Nord du forage sous étude.

Essais par palier:

Calcul des pertes de charge

- Le calcul des pertes dues à l'aquifère est respectivement: B -0,0012; C -0,0000225

Courbe caractéristique

- La courbe caractéristique obtenue a presque l'allure d'une droite et ne permet pas de déduire le débit critique (fig.2)

Essais à débit constant:

Le débit de 80m³/h a été utilisé pour réaliser ces essais.

Les observations suivantes ont été faites:

- Une diminution brusque du niveau hydrostatique lors du pompage, et par conséquent l'atteinte du niveau stabilisé dès la sixième minute (Fig.3)
- Lors de la remontée, une augmentation très rapide à l'arrêt du pompage, et une récupération du niveau hydrostatique (6 à 12 minutes)

Ceci expliquerait l'influence de l'aquifère plus altéré, plus fissuré.

4.1 ESSAIS PAR PALIER

Un essai de pompage par paliers procède de la manière suivante: le puits est pompé à un débit constant Q_1 jusqu'à obtenir un rabattement stabilisé au puits S_1 ; on augmente alors le débit pour passer à un nouveau débit constant Q_2 pour lequel on obtient un rabattement stabilisé S_2 ; on poursuit avec de débit Q_3 , etc. il faut au moins trois paliers de pompage pour faire une interprétation de l'efficacité du puits tableaux I.

Heure du démarrage: 8h00

Tableau 1. Essais des débits par palier

Palier 1					Palier 2					Palier 3				
Tps pomp= 2h			Ns 84,50		Tps pomp=2h					Tps=24h				
7200s			Q1=27		7200s			Q2=60		7200s			Q3=80	
H	M	Sec	Desc. Nd	Rem Nd	H	M	Sec	Descente Nd	Remoté Nd	H	M	Sec	84,9	84
	0	30	84,6	84,5		0		84,7	84,6		0	30	84,9	84,6
	1	0	84,6	84,5		1		84,8	84,5		1	0	84,9	84,6
	1	30	84,6	84,		1		84,8	84,5		1	30	84,9	84,5
	2	0	84,6	84,5		2		84,8	84,5		2	0	84,9	84,5
	2	30	84,6	84,5		2		84,8	84,5		2	30	84,9	84,5
	3	0	84,6	84,5		3		84,8	84,5		3	0	84,9	84,5
	3	30	84,6	84,5		3		84,8	84,5		3	30	84,9	84,5
	4	0	84,6	84,5		4		84,8	84,5		4	0	84,9	84,5
	5	0	84,6	84,5		5		84,8	84,5		5	0	84,9	84,5
	6		84,6	84,5		6		84,8	84,5		6		84,9	84,5
	7		84,6	84,5		7		84,8	84,5		7		84,9	84,5
	8		84,6	84,5		8		84,8	84,5		8		84,9	84,5
	9		84,6	84,5		9		84,8	84,5		9		84,9	84,5
	10		84,6	84,5		10		84,8	84,5		10		84,9	84,5
	12		84,6	84,5		12		84,8	84,5		12		84,9	84,5
	14		84,6	84,5		14		84,8	84,5		14		84,9	84,5
	16		84,6	84,5		16		84,8	84,5		16		84,9	84,5
	18		84,6	84,5		18		84,8	84,5		18		84,9	84,5
	20		84,6	84,5		20		84,8	84,5		20		84,9	84,5
	25		84,6	84,5		25		84,8	84,5		25		84,9	84,5
	30		84,6	84,5		30		84,86	84,5		30		84,9	84,5

	35		84,6	84,5		35		84,86	84,5		35		84,9	84,5
	40		84,6	84,5		40		84,86	84,5		40		84,9	84,5
	50		84,6	84,5		50		84,86	84,5		50		84,9	84,5
1	0		84,6	84,5	1	0		84,86	84,5		0		84,9	84,5
	15		84,6	84,5		15		84,86	84,5		15		84,9	84,5
	30		84,6	84,5		30		84,86	84,5		30		84,9	84,5
	45		84,6	84,5		45		84,86	84,5		45		84,9	84,5
2	0		84,6	84,5	2	0		84,86	84,5		0		84,9	84,5

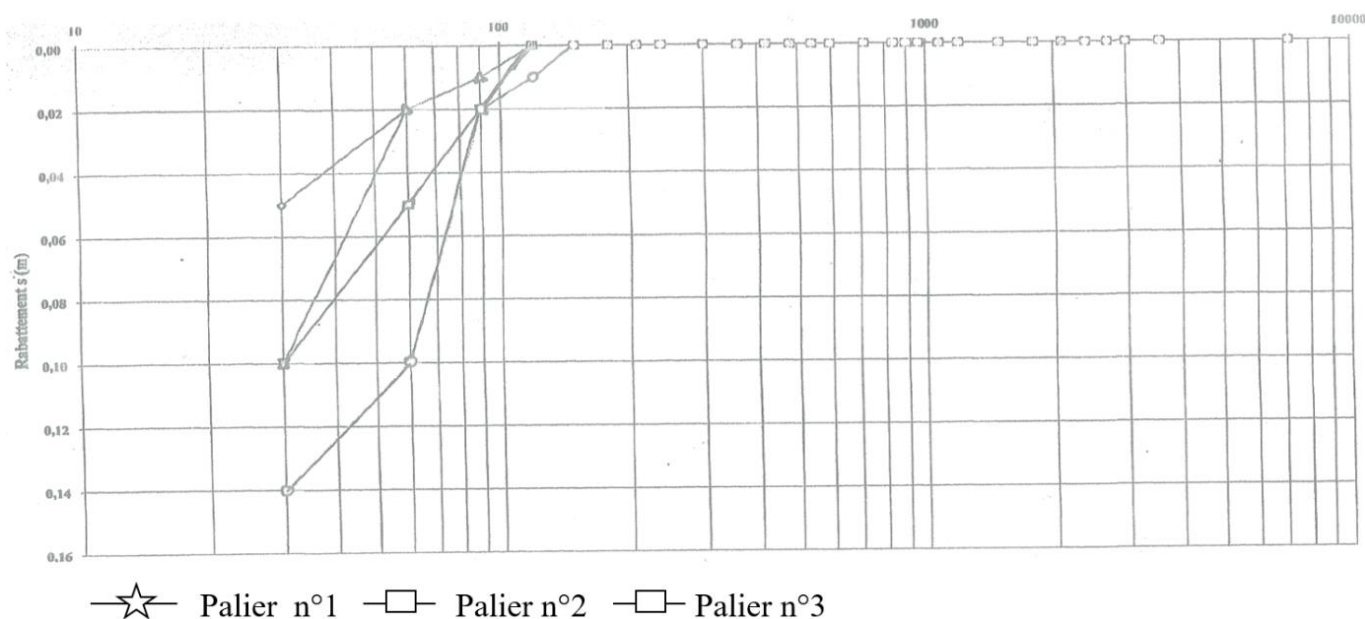


Fig. 2. Pompage par paliers remontés
Temps en secondes (échelle logarithmique)

Tableau 2. Synthèse des essais de pompage par palier

Pompage par paliers du 12 avril 2010						
	N.H	Débit Q	Nd (stabilisé) 2h	Rabat. S	Q/s	s/Q
	M	M ³ /h	M	M		
1d	84,5	27	84,62	0,12	222,00	0,004
2d	84,5	60	84,86	0,36	166,67	0,006
3d	84,5	80	84,98	0,84	166,67	0,006

4.2 ESSAI DE POMPAGE À DÉBIT CONSTANT

Est l'essai de pompage le plus couramment pratiqué, et son concept est très simple: on effectue des pompages à débit sur une longue durée (de plusieurs heures à plusieurs jours, voire plusieurs semaines) en observant les niveaux d'eau et les débits de pompage. Pour que ces essais à débits constant aient une utilité maximale, il faudrait mesurer les niveaux d'eau à la fois dans un forage d'observation et dans le forage de pompage (ou mieux encore, dans plusieurs forages d'observations situés à des distances différentes du forage de pompage). L'analyse des données des essais à débit constant permet de déduire la transmissivité et le coefficient d'emménagement de l'aquifère Tableau II.

4.2.1 PRÉSENTATION DÉTAILLÉE DES DONNÉES

Tableau 3. *Présentation détaillée des essais de pompage à débit constant*

H	Mn	Sec	Nd	Rbt	N°	H	Mn	Sec	Nd	Rem
	1	60	84,9	0,46	1		1		84,8	0,3
	2	120	84,9	0,46	2		2		84,56	0,06
	3	180	84,9	0,47	3		3		84,55	0,05
	4	240	84,9	0,47	4		4		84,54	0,05
	6	240	84,9	0,48	5		6		84,53	0,04
	8	360	84,9	0,48	6		8		84,52	0,03
	10	480	84,9	0,48	7		10		84,51	0,02
	12	600	84,9	0,48	8		12		84,51	0,02
	15	720	84,9	0,48	9		15		84,51	0,02
	18	900	84,9	0,48	10		18		84,51	0,01
	24	1080	84,9	0,48	11		24		84,5	0,01
	30	1440	84,9	0,48	12		30		84,5	0,01
	40	1800	84,9	0,48	13		40		84,5	0
	50	2400	84,9	0,48	14		50		84,5	0
1		3000	84,9	0,48	15	1			84,5	0
1	20	3600	84,9	0,48	16	1	20		84,5	0
1	50	4800	84,9	0,48	17	1	50		84,5	0
2	20	6600	84,9	0,48	19	2	45		84,5	0
3		8400	84,9	0,48	20	3	45		84,5	0
4		10800	84,9	0,48	21	5	45		84,5	0
5		14400	84,9	0,48	22	7	45		84,5	0
6		18000	84,9	0,48	23	9	45		84,5	0
7		21600	84,9	0,48	24	11	45		84,5	0
9		25200	84,9	0,48	25	13	45		84,5	0
11		32400	84,9	0,48	26	17	45		84,5	0
15		39600	84,9	0,48	27	23	45		84,5	0
19		54000	84,9	0,48	28	27	45		84,5	0
25		68400	84,9	0,48	29	39	45		84,5	0
31		90000	84,9	0,48	30	47	45		84,5	0
37		111600	84,9	0,48	31	55	45		84,5	0
45		1332000	84,9	0,48	32	63	45		84,5	0
53		162000	84,9	0,48	32	71	45		84,5	0
61		190800	84,9	0,48	32	72			84,5	0
69		219600	84,9	0,48	32					0
71		248400	84,9	0,48	32					0
71	25	255600	84,9	0,48	32					0
72		257100	84,9	0,48	320					0

4.2.2 SYNTHÈSE DES DONNÉES

Tableau 4. Synthèse des essais de pompage à débit constant

Pompage à débit constant					
Ns	Débit Q	Nd stabilité	Rabat S	Q/s	s/Q
M	m ³ /h	M	M		
84,5	80	84,98	0,84	166,67	0,006

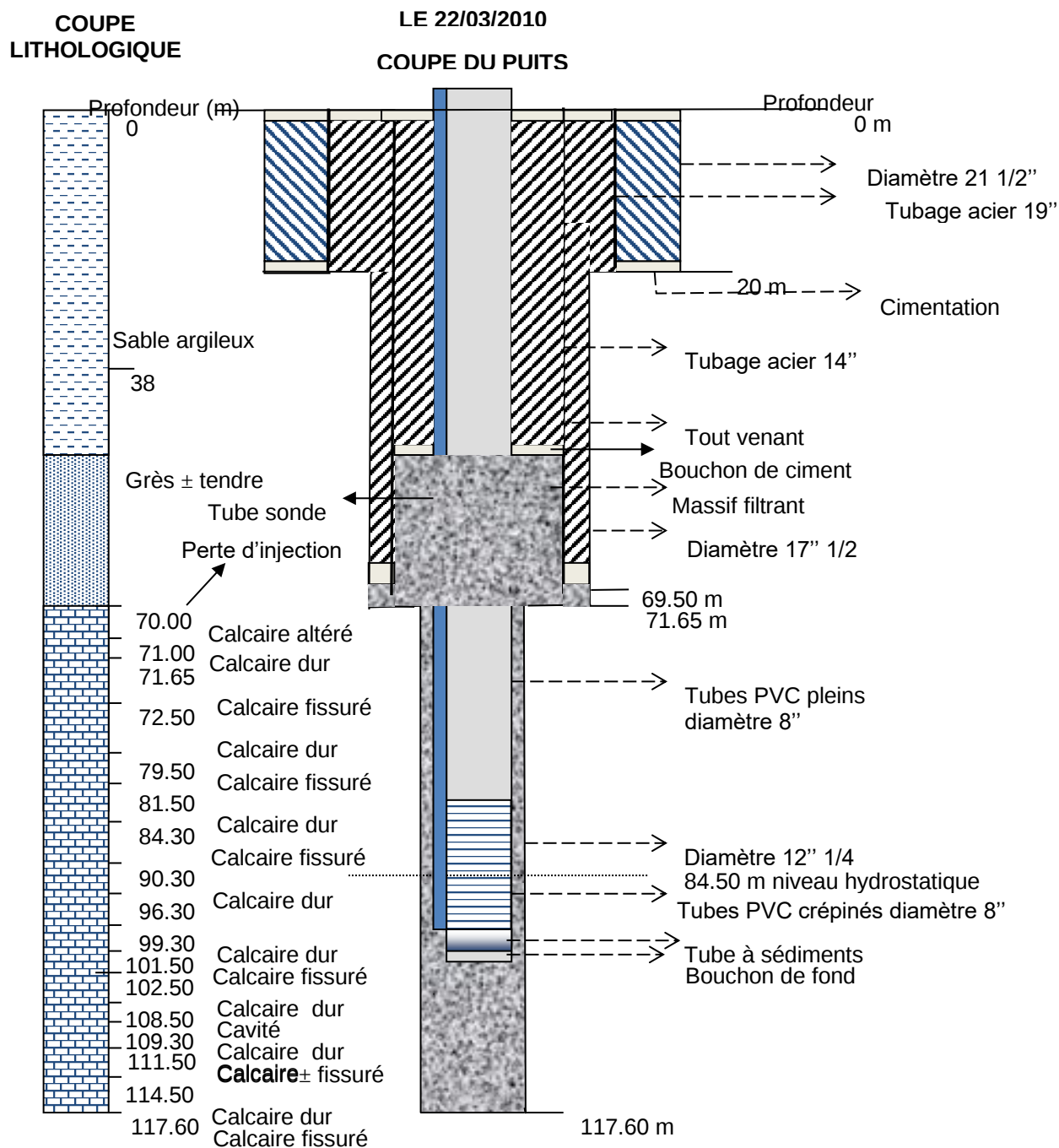


Fig. 1. FORAGE KANJIYA F1

5 CONCLUSION ET DISCUSSION

Au total, trois paliers de deux heures chacun ont été réalisés. Ils correspondent aux débits ci-dessous: 27m³/h, 60m³/h, 80m³/h.

Les observations suivantes ont été faites:

- Une descente lente du niveau hydrostatique aux paliers 1 et 3 avec une stabilisation respectivement à la deuxième et la troisième minute;
- Une descente brusque au palier 2 avec une stabilisation à la deuxième minute;
- Une remontée rapide a été également observée

Le débit de 80m³/h a été utilisé pour réaliser ces essais, les observations suivantes ont été faites:

- Une diminution brusque du niveau hydrostatique lors du pompage, et par conséquent l'atteinte du niveau stabilisé dès la deuxième minute (fig.2);
- Lors de la remontée, une augmentation très rapide à l'arrêt du pompage, et une récupération du niveau hydrostatique (6 à 12 minute)

Ceci expliquerait l'influence de l'aquifère plus altéré, plus fissuré et donc plus poreux.

L'analyse des paramètres hydrodynamique nous a permis d'observer:

- Une transmissivité dont la valeur est d'environ 732.10⁻³m²/s, cette valeur est significative et caractéristique des aquifères semi-captifs
- Un coefficient d'emménagement (S), correspondant au rapport du volume d'eau libérée ou emmagasinée par unité de surface d'un aquifère à la variation de la charge hydraulique correspondante. Pour les nappes captives, le calcul de S tient compte de la compressibilité de la roche et de l'eau. En ce qui concerne l'aquifère capté à Kanjiya F1, le coefficient d'emménagement n'a pas été facile à calculer car aucun piézomètre n'existe dans les environs. En pareil cas on peut considérer le rayon du puits (jusqu'au tube sonde) comme distance jusqu'au piézomètre. Ceci exigerait l'utilisation d'un logiciel qui donnerait des valeurs très faibles, qui pourraient être assimilées au dénoyage de l'aquifère à l'emplacement du tube sonde

Quoi qu'il en soit, si l'on considère un taux de pompage utilisé lors des essais de débits 80m³/h, les pertes de charges quadratiques ne sont pas sensibles. En tenant compte de l'équation de la courbe caractéristique ($S=BQ+CQ$). Le débit nécessaire pour rabattre notre nappe de 0,50 est de 119m³/h; et de 1m sera de 238m³/h. Ceci témoigne de l'importance de l'emménagement de cet aquifère.

Le débit spécifique (débit pompe rapporte au rabattement) est de 166,6m³/h. Ceci correspond au débit spécifique nécessaire pour rabattre la nappe de 0,48m au droit du forage.

Si l'on considère Q_{max} 80m³/h et t total- 0,48m; on peut considérer que 166,6m³/h égal au débit maximum correspondante au niveau dynamique stabilisé. De tout ce qui précède on retiendra que:

1° DU POINT DE VUE GÉOLOGIQUE

Les formations traversées par le forage appartiennent au système de Bushimay constituées essentiellement de haut en bas par:

- Une formation tendre (meuble) comprenant les sables rouge ou jaune et de grès rouges ou jaunes avec des alternances dures et tendres. Ces formations sont sujettes aux fréquents éboulements qui nécessitent des méthodes de protection appropriées
- Une formation dure comprenant les calcaires à couches subhorizontales fissurées avec des horizons durs, caractérisées par des cavités, phénomènes fréquents dans les calcaires en présence d'eau amenant à une dissolution. La figure 4 tirée de notre article sur les données préliminaires sur la lithologie du forage d'eau de Kanjiya à Mbujimayi confirme cette analyse

2° DU POINT DE VUE FORAGE

Le mode utilisé est le rotary et la profondeur provisionnelle est de 150m. Les boues de forage sont essentiellement bentonitique et le polymère.

Les tubes de protection sont constitués pour l'avant trous de 20.00m, un tube acier 19"; tandis que pour la phase 17^{1/2}; un tube acier 14".

Les tubes de protection concernant seulement les couches tendres:

Les tubes d'exploitation sont des PVC, de diamètre 8", permettant la protection de la pompe émergée de 6". Cette colonne est constituée de tube crépine sur ± 20 m et de tube plein avec un bouchon de fond, un tube sonde de 32mm (PVC) est collé au tube diamètre 8" jusqu'à la surface pour permettre la descente à travers celui-ci d'une sonde électrique.

3° DU POINT DE VUE HYDROGÉOLOGIQUE

Au vue du comportement de la nappe lors des essais de pompage, on retiendra que la nappe captée est semi-captive et localisée dans les formations calcaires du système de Bushimay. Les paramètres hydrodynamiques sont favorables à l'exploitation de la nappe a débit supérieur à 80m³/h.

Un faible rabattement, une descente lente du niveau hydrostatique et une remontée rapide de la nappe à l'arrêt du pompage expliquerait l'influence d'un aquifère plus altéré.

REFERENCES

- [1] Cahen, L., Snelling N-J., Delhal Vail J, Bonhomme M., Ledent D., *the geochronology and evolution of Africa*, Clarinelon Press of, 1984, 496p.
- [2] FOMI: synthèse des forages réalisés par la fondation MIBA, édition 2010.
- [3] Kambi Dibaya O.L., (1986), L'urbanisation et consommation de l'espace à Mbujimayi, in annales de l'I.S.P./MBUJIMAYI, n°2, 40-67p.
- [4] Kazadi A, (2008), Notes sur l'implantation des forages d'eau à Mbujimayi/CTB Fondation Miba.
- [5] Lepersonne, J. (1974), Notice explicative et carte géologiques du Congo Ex Zaïre du 1/2000000 Dept. Min géol. Rép. Zaïre.
- [6] Mabilot, (1971), *le forage d'eau*, Paris, 2^{ème} éd, Masson, 237p.
- [7] Mayiba M, et al. (2012), données préliminaires sur la lithologie du forage d'eau de Kanjiya à Mbujimayi, in peste africaine, inédit.
- [8] Michel Detay, (1993), *le forage*, Paris 3^{ème}éd, Masson, 379p.
- [9] Ngoie A, (2007 – 2011), registre des forages d'eau, Fondation Miba.

Nombre de topologies finies sur un ensemble fini: Une approche de décomposition en topologies partielles

[Number of finite topologies on a finite set: An approach of decomposition into partial topologies]

Clara Paluku Kasoki and Salem Kumpovela

Departement de Mathématique et Informatique, Faculté des Sciences, Université pédagogique nationale, Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2023 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 deals with finite topological spaces. It shows that the set of all finite topologies on a finite set with n elements is the union of sets of partial topologies on X , where the number of elements in each set varies between 2 and 2^n . The number of partial topologies with k elements on X is also determined, as well as the number of finite topologies on X using these results.

KEYWORDS: Finite topological space, partial topology, cardinality, finite set.

RESUME: Cet article traite des espaces topologiques finis. Il montre que l'ensemble de toutes les topologies finies sur un ensemble fini à n éléments est la réunion d'ensembles de topologies partielles sur X , où le nombre d'éléments dans chaque ensemble varie entre 2 et 2^n . Le nombre de topologies partielles à k éléments sur X est également déterminé, ainsi que le nombre de topologies finies sur en utilisant ces résultats.

MOTS-CLEFS: Espace topologique fini, topologie partielle, cardinalité, ensemble fini.

1 INTRODUCTION

Les espaces topologiques finis constituent un sujet d'étude intéressant en mathématiques et en informatique théorique. Ils permettent d'étudier les propriétés topologiques des ensembles finis et ont de nombreuses applications dans la théorie des codes correcteurs d'erreurs, la combinatoire, l'informatique théorique et bien d'autres domaines.

Dans cet article, nous allons nous intéresser à un résultat important sur les topologies finies sur un ensemble fini. Nous montrerons que l'ensemble de toutes les topologies finies qu'on peut définir sur un ensemble fini à n éléments est une réunion d'ensembles de topologies partielles sur cet ensemble. Nous verrons également que ces ensembles ont des cardinalités particulières qui permettent de calculer la cardinalité de l'ensemble de toutes les topologies finies définissables sur l'ensemble donné.

2 LES TOPOLOGIES FINIES SUR UN ENSEMBLE FINI [2], [3], [7], [8], [9]

Avant de détailler le résultat précédent, commençons par rappeler quelques définitions et propriétés sur les topologies finies sur un ensemble fini.

2.1 DÉFINITIONS [7]

Soit X un ensemble fini à n éléments. Une topologie finie sur X est une collection τ de sous-ensembles de X telle que:

1. X et l'ensemble vide sont dans τ .
2. L'union de deux éléments de τ est dans τ .
3. L'intersection de deux éléments de τ est dans τ .

On appelle espace topologique fini l'ensemble X muni d'une topologie finie τ .

REMARQUE

Contrairement aux topologies usuelles sur les ensembles infinis, il n'est pas nécessaire de spécifier toutes les parties de X pour définir une topologie finie sur X . En effet, il suffit de spécifier les parties qui seront les ouverts de la topologie.

2.2 EXEMPLES

Voici quelques exemples de topologies finies sur des ensembles finis:

- Sur l'ensemble à un élément $\{a\}$, il n'y a qu'une seule topologie finie, la topologie discrète, qui contient les deux parties $\{a\}$ et $\emptyset$.
- Sur l'ensemble à deux éléments $\{a, b\}$, il y a quatre topologies finies: la topologie discrète, la topologie triviale $\{\emptyset, X\}$, et deux topologies à trois éléments $\{\emptyset, \{a\}, \{a, b\}\}$ et $\{\emptyset, \{b\}, \{a, b\}\}$.
- Sur l'ensemble à trois éléments $\{a, b, c\}$, il y a vingt-neuf topologies finies.

Nous pouvons donc constater que le nombre de topologies finies sur un ensemble fini augmente rapidement avec la taille de l'ensemble. Dans la section suivante, nous verrons que l'ensemble de toutes les topologies finies sur un ensemble fini peut être décomposé en une union d'ensembles de topologies partielles sur cet ensemble.

3 DÉCOMPOSITION DE L'ENSEMBLE DES TOPOLOGIES FINIES

Nous allons maintenant montrer que l'ensemble de toutes les topologies finies qu'on peut définir sur un ensemble fini à n éléments est une réunion d'ensembles de topologies partielles sur cet ensemble. Plus précisément, nous allons montrer que cet ensemble est la réunion des ensembles de topologies finies à k éléments, où k varie entre 2 et 2^n .

3.1 DÉFINITION

Soit X un ensemble fini à n éléments. Un ensemble de topologies partielles k sur X est une collection de topologies à k sous-ensembles de X qui vérifient les conditions de la définition d'une topologie finie (X et l'ensemble vide sont dans τ , et l'union de deux éléments de τ est dans τ , et l'intersection de deux éléments de τ est dans τ).

Nous noterons $T_k(X)$ l'ensemble des topologies partielles sur X à k éléments, où k est un entier compris entre 2 et 2^n .

3.2 THÉORÈME

L'ensemble de toutes les topologies finies sur un ensemble fini à n éléments est la réunion des ensembles $T_k(X)$ pour k allant de 2 à 2^n .

PREUVE

Nous allons montrer que tout élément de l'ensemble de toutes les topologies finies sur X appartient à l'un des ensembles $T_k(X)$.

Soit τ une topologie finie sur X , c'est-à-dire un ensemble de parties de X vérifiant les conditions suivantes:

1. $\emptyset$ et X appartiennent à τ
2. L'union de deux éléments de τ est dans τ
3. L'intersection de deux éléments de τ est dans τ

Notons que la condition 1 implique que τ est non vide. De plus, comme τ est finie, il existe un entier k tel que τ contient k éléments. Nous allons maintenant montrer que τ appartient à $T_k(X)$.

Pour cela, il suffit de montrer que τ est une topologie à k éléments sur X . En effet, si c'est le cas, alors τ appartient à $T_k(X)$ par définition de cet ensemble.

Montrons donc que τ est une topologie à k éléments sur X . Comme τ contient k éléments, notons-les $U_1, U_2, \dots, U_k$. Montrons que ces éléments vérifient les trois conditions nécessaires pour être une topologie sur X :

1. $\emptyset$ et X appartiennent à τ : C'est vrai par définition de τ
2. La réunion de toute famille finie de parties de τ appartient à τ : Soit $V_1, V_2, \dots, V_m$ une famille finie de parties de τ . Comme chaque V_i est une partie de τ , chaque V_i est une réunion de certains U_j . Ainsi, la réunion de tous les V_i est une réunion de certains des U_j . Comme τ est une topologie, cette réunion appartient à τ
3. L'intersection de deux parties de τ appartient à τ : Soient U_i et U_j deux éléments de τ . Comme τ est une topologie, l'intersection $U_i \cap U_j$ appartient à τ

Nous avons donc montré que τ est une topologie à k éléments sur X . Par conséquent, tout élément de l'ensemble de toutes les topologies finies sur X appartient à un et un seul des ensembles $T_k(X)$ pour k allant de 2 à 2^n où $T_k(X)$ est l'ensemble de topologies à k éléments sur X . Ainsi, l'ensemble de toutes les topologies finies sur X est la réunion des ensembles $T_k(X)$ pour k allant de 2 à 2^n . De plus, ces ensembles étant disjoints deux à deux, le cardinal de l'ensemble de toutes les topologies finies sur X est la somme des cardinaux des ensembles $T_k(X)$ pour k allant de 2 à 2^n .

REMARQUE

Il est à noter que pour certaines valeurs de k , l'ensemble $T_k(X)$ peut être vide. En particulier, si $k > n$, alors il n'y a pas suffisamment d'éléments dans X pour former k parties distinctes, donc $T_k(X)$ est vide. Par conséquent, dans la réunion des ensembles $T_k(X)$ pour k allant de 2 à 2^n , certains ensembles $T_k(X)$ peuvent être absents. Cependant, si $k \leq n$, alors $T_k(X)$ est non vide car il est toujours possible de former k parties distinctes à partir des n éléments de X .

Cette observation peut être utile pour comprendre la complexité de calcul des cardinaux des ensembles $T_k(X)$ pour k allant de 2 à 2^n .

3.3 PROPOSITION

Pour tout entier n supérieur ou égal à 2, et pour tout ensemble X de cardinal n , le cardinal de l'ensemble des topologies $T_3(X)$ est égal à $2^n - 2$.

3.4 EXEMPLE

L'exemple suivant est particulièrement intéressant car l'ensemble X est petit, puisqu'on a 4 éléments, ce qui permet de facilement énumérer toutes les topologies finies possibles. De plus, le fait que chaque topologie finie soit représentée par un ensemble de parties de X rend cet exemple plus intuitif et facile à comprendre pour ceux qui n'ont pas une formation mathématique avancée. En outre, les résultats obtenus pour cet exemple peuvent être généralisés à des ensembles plus grands.

Voici les ensembles $T_k(X)$ pour l'ensemble $X = \{a, b, c, d\}$ et k allant de 2 à $2^4=16$:

- Le seul élément de l'ensemble $T_2(X)$ est $\{\emptyset, X\}$, ce qui correspond à la topologie grossière.

- Les éléments de l'ensemble $T_3(X)$ sont:

$$\tau_1 = \{\emptyset, \{a\}, X\}; \tau_2 = \{\emptyset, \{b\}, X\}; \tau_3 = \{\emptyset, \{c\}, X\}; \tau_4 = \{\emptyset, \{d\}, X\}; \tau_5 = \{\emptyset, \{a, b\}, X\}; \tau_6 = \{\emptyset, \{a, c\}, X\};$$

$$\tau_7 = \{\emptyset, \{a, d\}, X\}; \tau_8 = \{\emptyset, \{b, c\}, X\}; \tau_9 = \{\emptyset, \{b, d\}, X\}; \tau_{10} = \{\emptyset, \{c, d\}, X\}; \tau_{11} = \{\emptyset, \{a, b, c\}, X\};$$

$$\tau_{12} = \{\emptyset, \{a, b, d\}, X\}; \tau_{13} = \{\emptyset, \{a, c, d\}, X\}; \tau_{14} = \{\emptyset, \{b, c, d\}, X\}$$

- Les éléments de l'ensemble $T_4(X)$ sont:

$$\tau_1 = \{\emptyset, \{a\}, \{a, b\}, X\}; \tau_2 = \{\emptyset, \{a\}, \{a, c\}, X\}; \tau_3 = \{\emptyset, \{a\}, \{a, d\}, X\}; \tau_4 = \{\emptyset, \{b\}, \{a, b\}, X\}; \tau_5 = \{\emptyset, \{b\}, \{b, c\}, X\};$$

$$\tau_6 = \{\emptyset, \{b\}, \{b, d\}, X\}; \tau_7 = \{\emptyset, \{c\}, \{a, c\}, X\}; \tau_8 = \{\emptyset, \{c\}, \{b, c\}, X\}; \tau_9 = \{\emptyset, \{c\}, \{c, d\}, X\}; \tau_{10} = \{\emptyset, \{d\}, \{a, d\}, X\};$$

$\tau_{11} = \{\emptyset, \{d\}, \{b, d\}, X\}$; $\tau_{12} = \{\emptyset, \{d\}, \{c, d\}, X\}$; $\tau_{13} = \{\emptyset, \{a\}, \{a, b, c\}, X\}$; $\tau_{14} = \{\emptyset, \{a\}, \{a, b, d\}, X\}$;
 $\tau_{15} = \{\emptyset, \{a\}, \{a, c, d\}, X\}$; $\tau_{16} = \{\emptyset, \{a\}, \{b, c, d\}, X\}$; $\tau_{17} = \{\emptyset, \{b\}, \{a, b, c\}, X\}$; $\tau_{18} = \{\emptyset, \{b\}, \{a, b, d\}, X\}$;
 $\tau_{19} = \{\emptyset, \{b\}, \{a, c, d\}, X\}$; $\tau_{20} = \{\emptyset, \{b\}, \{b, c, d\}, X\}$; $\tau_{21} = \{\emptyset, \{c\}, \{a, b, c\}, X\}$; $\tau_{22} = \{\emptyset, \{c\}, \{a, b, d\}, X\}$;
 $\tau_{23} = \{\emptyset, \{c\}, \{a, c, d\}, X\}$; $\tau_{24} = \{\emptyset, \{c\}, \{b, c, d\}, X\}$; $\tau_{25} = \{\emptyset, \{d\}, \{a, b, c\}, X\}$; $\tau_{26} = \{\emptyset, \{d\}, \{a, b, d\}, X\}$;
 $\tau_{27} = \{\emptyset, \{d\}, \{a, c, d\}, X\}$; $\tau_{28} = \{\emptyset, \{d\}, \{b, c, d\}, X\}$; $\tau_{29} = \{\emptyset, \{a, b\}, \{c, d\}, X\}$; $\tau_{30} = \{\emptyset, \{a, c\}, \{b, d\}, X\}$;
 $\tau_{31} = \{\emptyset, \{a, d\}, \{b, c\}, X\}$; $\tau_{32} = \{\emptyset, \{a, b\}, \{a, b, c\}, X\}$; $\tau_{33} = \{\emptyset, \{a, b\}, \{a, b, d\}, X\}$; $\tau_{34} = \{\emptyset, \{a, c\}, \{a, b, c\}, X\}$;
 $\tau_{35} = \{\emptyset, \{a, c\}, \{a, c, d\}, X\}$; $\tau_{36} = \{\emptyset, \{a, d\}, \{a, b, d\}, X\}$; $\tau_{37} = \{\emptyset, \{a, d\}, \{a, c, d\}, X\}$; $\tau_{38} = \{\emptyset, \{b, c\}, \{a, b, c\}, X\}$;
 $\tau_{39} = \{\emptyset, \{b, c\}, \{b, c, d\}, X\}$; $\tau_{40} = \{\emptyset, \{b, d\}, \{a, b, d\}, X\}$; $\tau_{41} = \{\emptyset, \{b, d\}, \{b, c, d\}, X\}$; $\tau_{42} = \{\emptyset, \{c, d\}, \{a, c, d\}, X\}$;
 $\tau_{43} = \{\emptyset, \{c, d\}, \{b, c, d\}, X\}$

- Les éléments de l'ensemble $T_5(X)$ sont:

$\tau_1 = \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{a, b\}, X\}$; $\tau_2 = \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{a, c\}, X\}$; $\tau_3 = \{\emptyset, \{a\}, \{d\}, \{a, d\}, X\}$; $\tau_4 = \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{b, c\}, X\}$;
 $\tau_5 = \{\emptyset, \{b\}, \{d\}, \{b, d\}, X\}$; $\tau_6 = \{\emptyset, \{c\}, \{d\}, \{c, d\}, X\}$; $\tau_7 = \{\emptyset, \{a\}, \{a, b\}, \{a, b, c\}, X\}$;
 $\tau_8 = \{\emptyset, \{a\}, \{a, b\}, \{a, b, d\}, X\}$; $\tau_9 = \{\emptyset, \{a\}, \{a, b\}, \{a, c, d\}, X\}$; $\tau_{10} = \{\emptyset, \{a\}, \{a, c\}, \{a, b, c\}, X\}$;
 $\tau_{11} = \{\emptyset, \{a\}, \{a, c\}, \{a, b, d\}, X\}$; $\tau_{12} = \{\emptyset, \{a\}, \{a, c\}, \{a, c, d\}, X\}$; $\tau_{13} = \{\emptyset, \{a\}, \{a, d\}, \{a, b, c\}, X\}$;
 $\tau_{14} = \{\emptyset, \{a\}, \{a, d\}, \{a, b, d\}, X\}$; $\tau_{15} = \{\emptyset, \{a\}, \{a, d\}, \{a, c, d\}, X\}$; $\tau_{16} = \{\emptyset, \{a\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, X\}$;
 $\tau_{17} = \{\emptyset, \{a\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, X\}$; $\tau_{18} = \{\emptyset, \{a\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, X\}$; $\tau_{19} = \{\emptyset, \{b\}, \{a, b\}, \{a, b, c\}, X\}$;
 $\tau_{20} = \{\emptyset, \{b\}, \{a, b\}, \{a, b, d\}, X\}$; $\tau_{21} = \{\emptyset, \{b\}, \{a, b\}, \{b, c, d\}, X\}$; $\tau_{22} = \{\emptyset, \{b\}, \{a, c\}, \{a, b, c\}, X\}$;
 $\tau_{23} = \{\emptyset, \{b\}, \{a, d\}, \{a, b, d\}, X\}$; $\tau_{24} = \{\emptyset, \{b\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, X\}$; $\tau_{25} = \{\emptyset, \{b\}, \{b, c\}, \{a, b, d\}, X\}$;
 $\tau_{26} = \{\emptyset, \{b\}, \{b, c\}, \{b, c, d\}, X\}$; $\tau_{27} = \{\emptyset, \{b\}, \{b, d\}, \{a, b, c\}, X\}$; $\tau_{28} = \{\emptyset, \{b\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, X\}$;
 $\tau_{29} = \{\emptyset, \{b\}, \{b, d\}, \{b, c, d\}, X\}$; $\tau_{30} = \{\emptyset, \{b\}, \{c, d\}, \{b, c, d\}, X\}$; $\tau_{31} = \{\emptyset, \{c\}, \{a, b\}, \{a, b, c\}, X\}$;
 $\tau_{32} = \{\emptyset, \{c\}, \{a, c\}, \{a, b, c\}, X\}$; $\tau_{33} = \{\emptyset, \{c\}, \{a, c\}, \{a, c, d\}, X\}$; $\tau_{34} = \{\emptyset, \{c\}, \{a, c\}, \{b, c, d\}, X\}$;
 $\tau_{35} = \{\emptyset, \{c\}, \{a, d\}, \{a, c, d\}, X\}$; $\tau_{36} = \{\emptyset, \{c\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, X\}$; $\tau_{37} = \{\emptyset, \{c\}, \{b, c\}, \{a, c, d\}, X\}$;
 $\tau_{38} = \{\emptyset, \{c\}, \{b, c\}, \{b, c, d\}, X\}$; $\tau_{39} = \{\emptyset, \{c\}, \{b, d\}, \{b, c, d\}, X\}$; $\tau_{40} = \{\emptyset, \{c\}, \{c, d\}, \{a, b, c\}, X\}$;
 $\tau_{41} = \{\emptyset, \{c\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, X\}$; $\tau_{42} = \{\emptyset, \{c\}, \{c, d\}, \{b, c, d\}, X\}$; $\tau_{43} = \{\emptyset, \{d\}, \{a, b\}, \{a, b, d\}, X\}$;
 $\tau_{44} = \{\emptyset, \{d\}, \{a, c\}, \{a, c, d\}, X\}$; $\tau_{45} = \{\emptyset, \{d\}, \{a, d\}, \{a, b, d\}, X\}$; $\tau_{46} = \{\emptyset, \{d\}, \{a, d\}, \{a, c, d\}, X\}$;
 $\tau_{47} = \{\emptyset, \{d\}, \{a, d\}, \{b, c, d\}, X\}$; $\tau_{48} = \{\emptyset, \{d\}, \{b, c\}, \{b, c, d\}, X\}$; $\tau_{49} = \{\emptyset, \{d\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, X\}$;
 $\tau_{50} = \{\emptyset, \{d\}, \{b, d\}, \{a, c, d\}, X\}$; $\tau_{51} = \{\emptyset, \{d\}, \{b, d\}, \{b, c, d\}, X\}$; $\tau_{52} = \{\emptyset, \{d\}, \{c, d\}, \{a, b, d\}, X\}$;
 $\tau_{53} = \{\emptyset, \{d\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, X\}$; $\tau_{54} = \{\emptyset, \{d\}, \{c, d\}, \{b, c, d\}, X\}$; $\tau_{55} = \{\emptyset, \{a, b\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, X\}$;
 $\tau_{56} = \{\emptyset, \{a, c\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, X\}$; $\tau_{57} = \{\emptyset, \{a, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\}$; $\tau_{58} = \{\emptyset, \{b, c\}, \{a, b, c\}, \{b, c, d\}, X\}$;
 $\tau_{59} = \{\emptyset, \{b, d\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\}$; $\tau_{60} = \{\emptyset, \{c, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}$

- Les éléments de l'ensemble $T_6(X)$ sont:

$\tau_1 = \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{a, b\}, \{a, b, c\}, X\}$; $\tau_2 = \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{a, b\}, \{a, b, d\}, X\}$; $\tau_3 = \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{a, b\}, \{a, c, d\}, X\}$;
 $\tau_4 = \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{a, b\}, \{b, c, d\}, X\}$; $\tau_5 = \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{a, c\}, \{a, b, c\}, X\}$; $\tau_6 = \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{a, c\}, \{a, b, d\}, X\}$;
 $\tau_7 = \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{a, c\}, \{a, c, d\}, X\}$; $\tau_8 = \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{a, c\}, \{b, c, d\}, X\}$; $\tau_9 = \{\emptyset, \{a\}, \{d\}, \{a, d\}, \{a, b, c\}, X\}$;
 $\tau_{10} = \{\emptyset, \{a\}, \{d\}, \{a, d\}, \{a, b, d\}, X\}$; $\tau_{11} = \{\emptyset, \{a\}, \{d\}, \{a, d\}, \{a, c, d\}, X\}$; $\tau_{12} = \{\emptyset, \{a\}, \{d\}, \{a, d\}, \{b, c, d\}, X\}$;
 $\tau_{13} = \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, X\}$; $\tau_{14} = \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{b, c\}, \{a, b, d\}, X\}$; $\tau_{15} = \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{b, c\}, \{a, c, d\}, X\}$;
 $\tau_{16} = \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{b, c\}, \{b, c, d\}, X\}$; $\tau_{17} = \{\emptyset, \{b\}, \{d\}, \{b, d\}, \{a, b, c\}, X\}$; $\tau_{18} = \{\emptyset, \{b\}, \{d\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, X\}$

$\tau_{19} = \{\emptyset, \{b\}, \{d\}, \{b, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \tau_{20} = \{\emptyset, \{b\}, \{d\}, \{b, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{21} = \{\emptyset, \{c\}, \{d\}, \{c, d\}, \{a, b, c\}, X\};$
 $\tau_{22} = \{\emptyset, \{c\}, \{d\}, \{c, d\}, \{a, b, d\}, X\}; \tau_{23} = \{\emptyset, \{c\}, \{d\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \tau_{24} = \{\emptyset, \{c\}, \{d\}, \{c, d\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_{25} = \{\emptyset, \{a\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{a, b, c\}, X\}; \tau_{26} = \{\emptyset, \{a\}, \{a, b\}, \{a, d\}, \{a, b, d\}, X\};$
 $\tau_{27} = \{\emptyset, \{a\}, \{a, b\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \tau_{28} = \{\emptyset, \{a\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{a, c, d\}, X\};$
 $\tau_{29} = \{\emptyset, \{a\}, \{a, c\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, X\}; \tau_{30} = \{\emptyset, \{a\}, \{a, d\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, X\};$
 $\tau_{31} = \{\emptyset, \{b\}, \{a, b\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, X\}; \tau_{32} = \{\emptyset, \{b\}, \{a, b\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, X\};$
 $\tau_{33} = \{\emptyset, \{b\}, \{a, b\}, \{c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{34} = \{\emptyset, \{b\}, \{a, c\}, \{b, d\}, \{a, b, c\}, X\};$
 $\tau_{35} = \{\emptyset, \{b\}, \{a, d\}, \{b, c\}, \{a, b, d\}, X\}; \tau_{36} = \{\emptyset, \{b\}, \{b, c\}, \{b, d\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_{37} = \{\emptyset, \{c\}, \{a, b\}, \{c, d\}, \{a, b, c\}, X\}; \tau_{38} = \{\emptyset, \{d\}, \{a, b\}, \{c, d\}, \{a, b, d\}, X\};$
 $\tau_{39} = \{\emptyset, \{c\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, X\}; \tau_{40} = \{\emptyset, \{c\}, \{a, c\}, \{b, d\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_{41} = \{\emptyset, \{c\}, \{a, c\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \tau_{42} = \{\emptyset, \{c\}, \{a, d\}, \{b, c\}, \{a, c, d\}, X\};$
 $\tau_{43} = \{\emptyset, \{c\}, \{b, c\}, \{c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{44} = \{\emptyset, \{d\}, \{a, c\}, \{b, d\}, \{a, c, d\}, X\};$
 $\tau_{45} = \{\emptyset, \{d\}, \{a, d\}, \{b, c\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{46} = \{\emptyset, \{d\}, \{a, d\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, X\};$
 $\tau_{47} = \{\emptyset, \{d\}, \{a, d\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \tau_{48} = \{\emptyset, \{d\}, \{b, d\}, \{c, d\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_{49} = \{\emptyset, \{a\}, \{a, b\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, X\}; \tau_{50} = \{\emptyset, \{a\}, \{a, c\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, X\};$
 $\tau_{51} = \{\emptyset, \{a\}, \{a, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \tau_{52} = \{\emptyset, \{a\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_{53} = \{\emptyset, \{a\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{54} = \{\emptyset, \{a\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_{55} = \{\emptyset, \{b\}, \{a, b\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, X\}; \tau_{56} = \{\emptyset, \{b\}, \{a, c\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, X\};$
 $\tau_{57} = \{\emptyset, \{b\}, \{a, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \tau_{58} = \{\emptyset, \{b\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_{59} = \{\emptyset, \{b\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{60} = \{\emptyset, \{b\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_{61} = \{\emptyset, \{c\}, \{a, b\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, X\}; \tau_{62} = \{\emptyset, \{c\}, \{a, c\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, X\};$
 $\tau_{63} = \{\emptyset, \{c\}, \{a, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \tau_{64} = \{\emptyset, \{c\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_{65} = \{\emptyset, \{c\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{66} = \{\emptyset, \{c\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_{67} = \{\emptyset, \{d\}, \{a, b\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, X\}; \tau_{68} = \{\emptyset, \{d\}, \{a, c\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, X\};$
 $\tau_{69} = \{\emptyset, \{d\}, \{a, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \tau_{70} = \{\emptyset, \{d\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_{71} = \{\emptyset, \{d\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{72} = \{\emptyset, \{d\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}$

- Les éléments de l'ensemble $T_7(X)$ sont:

$\tau_1 = \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{a, b, c\}, X\}; \tau_2 = \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{a, b\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, X\};$
 $\tau_3 = \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{a, b\}, \{a, d\}, \{a, b, d\}, X\}; \tau_4 = \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{a, b\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, X\};$
 $\tau_5 = \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{a, b, c\}, X\}; \tau_6 = \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, X\};$
 $\tau_7 = \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \tau_8 = \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{a, c\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, X\};$
 $\tau_9 = \{\emptyset, \{a\}, \{a, b\}, \{a, d\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, X\}; \tau_{10} = \{\emptyset, \{a\}, \{d\}, \{a, b\}, \{a, d\}, \{a, b, d\}, X\};$
 $\tau_{11} = \{\emptyset, \{a\}, \{d\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \tau_{12} = \{\emptyset, \{a\}, \{d\}, \{a, d\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, X\};$
 $\tau_{13} = \{\emptyset, \{a\}, \{d\}, \{a, d\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \tau_{14} = \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{a, b\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, X\};$
 $\tau_{15} = \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, X\}; \tau_{16} = \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{b, c\}, \{b, d\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_{17} = \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{b, c\}, \{c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{18} = \{\emptyset, \{b\}, \{d\}, \{a, b\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, X\};$
 $\tau_{19} = \{\emptyset, \{b\}, \{d\}, \{a, d\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, X\}; \tau_{20} = \{\emptyset, \{b\}, \{d\}, \{b, c\}, \{b, d\}, \{b, c, d\}, X\};$

$\tau_{21} = \{\emptyset, \{b\}, \{d\}, \{b, d\}, \{c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{22} = \{\emptyset, \{c\}, \{d\}, \{a, c\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, X\};$
 $\tau_{23} = \{\emptyset, \{c\}, \{d\}, \{a, d\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \tau_{24} = \{\emptyset, \{c\}, \{d\}, \{b, c\}, \{c, d\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_{25} = \{\emptyset, \{c\}, \{d\}, \{b, d\}, \{c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{26} = \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{a, b\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, X\};$
 $\tau_{27} = \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{a, c\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, X\}; \tau_{28} = \{\emptyset, \{a\}, \{d\}, \{a, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\};$
 $\tau_{29} = \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{30} = \{\emptyset, \{b\}, \{d\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_{31} = \{\emptyset, \{c\}, \{d\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{32} = \{\emptyset, \{a\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, X\};$
 $\tau_{33} = \{\emptyset, \{a\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, X\}; \tau_{34} = \{\emptyset, \{a\}, \{a, b\}, \{a, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\};$
 $\tau_{35} = \{\emptyset, \{a\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, X\}; \tau_{36} = \{\emptyset, \{a\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\};$
 $\tau_{37} = \{\emptyset, \{b\}, \{a, b\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, X\}; \tau_{38} = \{\emptyset, \{b\}, \{a, b\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_{39} = \{\emptyset, \{b\}, \{a, b\}, \{b, d\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, X\}; \tau_{40} = \{\emptyset, \{b\}, \{a, b\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_{41} = \{\emptyset, \{b\}, \{b, c\}, \{b, d\}, \{a, b, c\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{42} = \{\emptyset, \{b\}, \{b, c\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_{43} = \{\emptyset, \{c\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, X\}; \tau_{44} = \{\emptyset, \{c\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_{45} = \{\emptyset, \{c\}, \{a, c\}, \{c, d\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, X\}; \tau_{46} = \{\emptyset, \{c\}, \{a, c\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_{47} = \{\emptyset, \{c\}, \{b, c\}, \{c, d\}, \{a, b, c\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{48} = \{\emptyset, \{c\}, \{b, c\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_{49} = \{\emptyset, \{d\}, \{a, d\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \tau_{50} = \{\emptyset, \{d\}, \{a, d\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_{51} = \{\emptyset, \{d\}, \{a, d\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, \{a, b, d\}, X\}; \tau_{52} = \{\emptyset, \{d\}, \{a, d\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_{53} = \{\emptyset, \{d\}, \{b, d\}, \{c, d\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{54} = \{\emptyset, \{d\}, \{b, d\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}$

- Les éléments de l'ensemble $T_8(X)$ sont:

$\tau_1 = \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, X\}; \tau_2 = \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, X\};$
 $\tau_3 = \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{a, b\}, \{a, d\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, X\}; \tau_4 = \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{a, b\}, \{a, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\};$
 $\tau_5 = \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{a, b\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, X\}; \tau_6 = \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{a, b\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_7 = \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{a, b\}, \{b, d\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, X\}; \tau_8 = \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{a, b\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_9 = \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{a, b\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{10} = \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, X\};$
 $\tau_{11} = \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, X\}; \tau_{12} = \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, X\};$
 $\tau_{13} = \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \tau_{14} = \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, X\};$
 $\tau_{15} = \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{16} = \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{a, c\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_{17} = \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{a, c\}, \{c, d\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, X\}; \tau_{18} = \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{a, c\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_{19} = \{\emptyset, \{a\}, \{d\}, \{a, b\}, \{a, d\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, X\}; \tau_{20} = \{\emptyset, \{a\}, \{d\}, \{a, b\}, \{a, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\};$
 $\tau_{21} = \{\emptyset, \{a\}, \{d\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, X\}; \tau_{22} = \{\emptyset, \{a\}, \{d\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\};$
 $\tau_{23} = \{\emptyset, \{a\}, \{d\}, \{a, d\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{24} = \{\emptyset, \{a\}, \{d\}, \{a, d\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\};$
 $\tau_{25} = \{\emptyset, \{a\}, \{d\}, \{a, d\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{26} = \{\emptyset, \{a\}, \{d\}, \{a, d\}, \{c, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\};$
 $\tau_{27} = \{\emptyset, \{a\}, \{d\}, \{a, d\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{28} = \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{a, b\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, X\};$
 $\tau_{29} = \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{a, b\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{30} = \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, X\};$
 $\tau_{31} = \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{32} = \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{a, d\}, \{b, c\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\};$
 $\tau_{33} = \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{b, c\}, \{b, d\}, \{a, b, c\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{34} = \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{b, c\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_{35} = \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{b, c\}, \{c, d\}, \{a, b, c\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{36} = \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{b, c\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\};$
 $\tau_{37} = \{\emptyset, \{b\}, \{d\}, \{a, b\}, \{b, d\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, X\}; \tau_{38} = \{\emptyset, \{b\}, \{d\}, \{a, b\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\};$

$$\begin{aligned}\tau_{39} &= \{\emptyset, \{b\}, \{d\}, \{a, c\}, \{b, d\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, X\}; \tau_{40} = \{\emptyset, \{b\}, \{d\}, \{a, d\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \\ \tau_{41} &= \{\emptyset, \{b\}, \{d\}, \{a, d\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{42} = \{\emptyset, \{b\}, \{d\}, \{b, c\}, \{b, d\}, \{a, b, c\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{43} &= \{\emptyset, \{b\}, \{d\}, \{b, c\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{44} = \{\emptyset, \{b\}, \{d\}, \{b, d\}, \{c, d\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{45} &= \{\emptyset, \{b\}, \{d\}, \{b, d\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{46} = \{\emptyset, \{c\}, \{d\}, \{a, b\}, \{c, d\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, X\}; \\ \tau_{47} &= \{\emptyset, \{c\}, \{d\}, \{a, c\}, \{c, d\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, X\}; \tau_{48} = \{\emptyset, \{c\}, \{d\}, \{a, c\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{49} &= \{\emptyset, \{c\}, \{d\}, \{a, d\}, \{c, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \tau_{50} = \{\emptyset, \{c\}, \{d\}, \{a, d\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{51} &= \{\emptyset, \{c\}, \{d\}, \{b, c\}, \{c, d\}, \{a, b, c\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{52} = \{\emptyset, \{c\}, \{d\}, \{b, c\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{53} &= \{\emptyset, \{c\}, \{d\}, \{b, d\}, \{c, d\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \tau_{54} = \{\emptyset, \{c\}, \{d\}, \{b, d\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}\end{aligned}$$

- Les éléments de l'ensemble $T_9(X)$ sont:

$$\begin{aligned}\tau_1 &= \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{c\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, X\}; \\ \tau_2 &= \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{d\}, \{a, b\}, \{a, d\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, X\}; \\ \tau_3 &= \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{d\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \\ \tau_4 &= \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{d\}, \{b, c\}, \{b, d\}, \{c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_5 &= \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{c, d\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, X\}; \\ \tau_6 &= \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{b, d\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, X\}; \\ \tau_7 &= \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{a, b\}, \{a, d\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, X\}; \\ \tau_8 &= \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, X\}; \\ \tau_9 &= \{\emptyset, \{a\}, \{d\}, \{a, b\}, \{a, d\}, \{c, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \\ \tau_{10} &= \{\emptyset, \{a\}, \{d\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \\ \tau_{11} &= \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{a, b\}, \{b, c\}, \{c, d\}, \{a, b, c\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{12} &= \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{b, d\}, \{a, b, c\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{13} &= \{\emptyset, \{b\}, \{d\}, \{a, b\}, \{b, d\}, \{c, d\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{14} &= \{\emptyset, \{b\}, \{d\}, \{a, d\}, \{b, c\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{15} &= \{\emptyset, \{c\}, \{d\}, \{a, c\}, \{b, d\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{16} &= \{\emptyset, \{c\}, \{d\}, \{a, d\}, \{b, c\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{17} &= \{\emptyset, \{a\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \\ \tau_{18} &= \{\emptyset, \{b\}, \{a, b\}, \{b, c\}, \{b, d\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{19} &= \{\emptyset, \{c\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{c, d\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{20} &= \{\emptyset, \{d\}, \{a, d\}, \{b, d\}, \{c, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}\end{aligned}$$

- Les éléments de l'ensemble $T_{10}(X)$ sont:

$$\begin{aligned}\tau_1 &= \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{c\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, X\}; \\ \tau_2 &= \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{c\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, X\}; \\ \tau_3 &= \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{c\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_4 &= \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{d\}, \{a, b\}, \{a, d\}, \{b, d\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, X\}; \\ \tau_5 &= \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{d\}, \{a, b\}, \{a, d\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \\ \tau_6 &= \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{d\}, \{a, b\}, \{a, d\}, \{b, d\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_7 &= \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{d\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{c, d\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, X\};\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_8 &= \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{d\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{c, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \\ \tau_9 &= \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{d\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{10} &= \{\emptyset, \{a\}, \{d\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \\ \tau_{11} &= \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{c, d\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{12} &= \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{d\}, \{b, c\}, \{b, d\}, \{c, d\}, \{a, b, c\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{13} &= \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{d\}, \{b, c\}, \{b, d\}, \{c, d\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{14} &= \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{d\}, \{b, c\}, \{b, d\}, \{c, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{15} &= \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \\ \tau_{16} &= \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{a, b\}, \{b, c\}, \{b, d\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{17} &= \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \\ \tau_{18} &= \{\emptyset, \{a\}, \{d\}, \{a, d\}, \{b, d\}, \{c, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{19} &= \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{a, b\}, \{b, c\}, \{b, d\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{20} &= \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{c, d\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{21} &= \{\emptyset, \{b\}, \{d\}, \{a, b\}, \{b, d\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{22} &= \{\emptyset, \{b\}, \{d\}, \{a, d\}, \{b, d\}, \{c, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{23} &= \{\emptyset, \{c\}, \{d\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{c, d\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{24} &= \{\emptyset, \{c\}, \{d\}, \{a, d\}, \{b, d\}, \{c, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}\end{aligned}$$

- L'ensemble $T_{11}(X)$ n'a aucun élément
- Les éléments de l'ensemble $T_3(X)$ sont:

$$\begin{aligned}\tau_1 &= \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{c\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \\ \tau_2 &= \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{c\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{b, d\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_3 &= \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{c\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{c, d\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_4 &= \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{d\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{b, d\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \\ \tau_5 &= \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{d\}, \{a, b\}, \{a, d\}, \{b, c\}, \{b, d\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_6 &= \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{d\}, \{a, b\}, \{a, d\}, \{b, d\}, \{c, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_7 &= \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{d\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{c, d\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, X\}; \\ \tau_8 &= \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{d\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{b, c\}, \{c, d\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_9 &= \{\emptyset, \{a\}, \{c\}, \{d\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{b, d\}, \{c, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{10} &= \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{d\}, \{a, b\}, \{b, c\}, \{b, d\}, \{c, d\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{11} &= \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{d\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{b, d\}, \{c, d\}, \{a, b, c\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}; \\ \tau_{12} &= \{\emptyset, \{b\}, \{c\}, \{d\}, \{a, d\}, \{b, c\}, \{b, d\}, \{c, d\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}\end{aligned}$$

- Les ensembles $T_{13}(X)$, $T_{14}(X)$ et $T_{15}(X)$ n'ont pas d'élément.
- Le seul élément de l'ensemble $T_{16}(X)$ est:

$\{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{c\}, \{d\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{b, c\}, \{b, d\}, \{c, d\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, X\}$, ce qui correspond à la topologie discrète sur X .

Dans cet exemple, on trouve que le nombre total de topologies finies sur X est de 355. On peut observer que les cardinaux de $T_k(X)$ pour k allant de 2 à 16 sont relativement "inégaux" en termes de cardinaux. Certains ensembles sont beaucoup plus grands que d'autres, comme $T_6(X)$ qui contient 72 éléments, tandis que d'autres sont vides, comme $T_{11}(X)$, $T_{13}(X)$, $T_{14}(X)$ et $T_{15}(X)$. Cela peut être expliqué par le fait que pour les petites valeurs de k , il y a peu de choix de sous-ensembles de X pour

construire une topologie, alors que pour les grandes valeurs de k , il y a de plus en plus de choix possibles, mais beaucoup d'entre eux sont redondants ou non pertinents. Ainsi, les valeurs maximales de $T_k(X)$ sont atteintes pour des valeurs de k où il y a suffisamment de choix pour construire une topologie de manière variée, mais pas trop pour éviter la redondance.

De plus, on peut également remarquer que les cardinaux des ensembles $T_k(X)$ semblent suivre une forme de loi de distribution, avec un maximum atteint pour $T_6(X)$, puis une diminution progressive des cardinaux. On pourrait même chercher à modéliser cette distribution en utilisant des outils mathématiques tels que la loi binomiale ou la loi normale.

Plus précisément, pour se faire une idée sur ce à quoi cela se rapporte, le tableau suivant présente les cardinaux des ensembles de topologies à k éléments pour des ensembles finis X de différentes tailles, où n représente le cardinal de X , où chaque intersection indique le nombre de topologies à k éléments sur un ensemble X de taille n . Les valeurs sont données pour $k = 2, 3, 4$ et 5 .

Tableau 1. Cardinaux des ensembles de topologies à k éléments sur un ensemble fini X de taille n

	$k=2$	$k=3$	$k=4$	$k=5$
$n=1$	1			
$n=2$	1	2	1	
$n=3$	1	6	9	6
$n=4$	1	14	43	60
$n=5$	1	30	165	390
$n=6$	1	62	571	2100
$n=7$	1	126	1869	10206
$n=8$	1	254	5923	46620
$n=9$	1	510	18405	204630
$n=10$	1	1022	56491	874500

Ce tableau représente le nombre de topologies finies de taille k sur un ensemble fini X de taille n pour différentes valeurs de n et k . Plus précisément, pour chaque valeur de n et k , les valeurs dans le tableau indiquent le cardinal correspondant à l'intersection des lignes et colonnes. Par exemple, si nous regardons la ligne correspondant à $n = 4$, nous pouvons voir que pour $k = 2$, il n'y a qu'une seule topologie finie possible sur un ensemble fini de quatre éléments, alors que pour $k = 4$, il y en a 43 possibles. En outre, nous pouvons constater que pour chaque valeur de n , le nombre de topologies finies augmente rapidement avec k .

Ce tableau montre aussi que le nombre de topologies finies sur un ensemble fini est lié de manière complexe à la taille de l'ensemble. Les résultats sont particulièrement frappants pour des valeurs de n et de k plus élevées, où le nombre de topologies finies peut être extrêmement grand.

4 CONCLUSION

Dans cet article, nous avons montré que l'ensemble de toutes les topologies finies sur un ensemble fini à n éléments est la réunion d'ensembles de topologies partielles sur X , où le nombre d'éléments dans chaque ensemble varie entre 2 et 2^n . Nous avons également montré comment déterminer le nombre de topologies partielles à k éléments sur X .

Cet article est un premier pas vers la compréhension et la découverte des lois et formules mathématiques sur l'existence ainsi que le dénombrement des topologies distinctes et finies définissables sur un ensemble fini. Dans les articles suivants, nous explorerons comment calculer le nombre de topologies finies sur X en utilisant ces résultats.

REFERENCES

- [1] Braud, A., Laflamme, C. «Topologies ensemblistes et propriétés locales des fonctions continues». *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées*, vol. 112, 2018.
- [2] Bressan, S., Coutin, O. «Compter les topologies sur un ensemble fini». *Leçons inaugurales du Collège de France*, pp. 218–234, 2016.
- [3] M. Chaperon. Une introduction à la topologie. Ellipses, 2019.
- [4] P.-L. Combettes. Topologie et analyse fonctionnelle. Dunod, 2019.
- [5] J. Dixmier. Introduction à la topologie. Ellipses, 2012.
- [6] F. Prudent. Introduction à la théorie des espaces topologiques et des fonctions continues. Ellipses, 2017.
- [7] D. Richard, et M. Valero. «Sur le nombre de topologies sur un ensemble fini». *Publications du Laboratoire de Statistique et Probabilités*, vol. 36, pp. 1–16, 2002.
- [8] D. Richard, et M. Valero. «Calcul de cardinalités de certains ensembles de topologies finies sur un ensemble fini». *Publications du Laboratoire de Statistique et Probabilités*, vol. 39, pp. 1–18, 2003.
- [9] A. Togbé. «Ensembles finis et topologies finies». *Mathématiques et sciences humaines*, vol. 144, pp. 5–17, 1998.

Première caractérisation de la population des pêcheurs récréatifs du département de Korhogo (nord de la Côte d'Ivoire)

[First characterisation of the recreational fishermen population in the department of Korhogo (northern Côte d'Ivoire)]

Koudou Dogbo¹, Jonas Penatiligué Bakary¹, Silué Pébanagnanan David¹, and Yéo Dotana²

¹Groupe de recherche: Littoral, Mer, Santé, Sécurité Alimentaire et Transports (LIMERSSAT), Département de Géographie, Université Peleforo GON COULIBALY, Korhogo, Côte d'Ivoire

²Département d'Histoire et Géographie, Élève à l'École Normale Supérieure d'Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 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 the north of Côte d'Ivoire, the department of Korhogo has seen the development of recreational fishing in several of its localities for several years. However, there is no data on this activity in the statistics of the administrative structures for fisheries management. The same is true of scientific research. This article therefore proposes to provide the first data on the population of fishermen, the main actors in this activity. The study is based on a documentary analysis and a field survey based on a sample of 189 fishermen, interviewed at four sites. According to the results, the majority of fishermen are men (97.35%). Their average age is 50 years. They are mainly urban (92.52%) and live mainly (85.19%) in Korhogo, the main urban area of the department. The activity is also dominated by civil servants and private sector employees (41.27%).

KEYWORDS: Côte d'Ivoire, Korhogo department, recreational fishing, recreational fishermen, socio-demographic profile.

RESUME: Dans le nord de la Côte d'Ivoire, le département de Korhogo connaît depuis quelques années, le développement d'une pêche de loisir associative dans plusieurs de ses localités. Nonobstant, aucune donnée relative à cette activité n'existe dans les statistiques des structures administratives de gestion de la pêche. Il en est de même au niveau de la recherche scientifique. Cet article se propose donc de fournir les premières données sur la population des pêcheurs, principaux acteurs de cette activité. L'étude s'appuie sur une exploitation documentaire et une enquête de terrain basé sur un échantillon de 189 pêcheurs, interrogés sur quatre sites. Selon les résultats, les pratiquants sont en majorité des hommes (97,35 %). Leur moyenne d'âge est de 50 ans. Ce sont surtout des urbains (92,52 %) qui résident majoritairement (85,19 %) à Korhogo, principale localité urbaine du département. L'activité est également dominée par les fonctionnaires et agents du privé (41,27 %).

MOTS-CLEFS: Côte d'Ivoire, département de Korhogo, pêche de loisir, pêcheurs récréatifs, profil sociodémographique.

1 INTRODUCTION

La pêche récréative ou pêche de loisir est définie comme « la capture par un individu, d'animaux aquatiques qui ne constituent pas sa ressource principale pour subvenir à ses besoins nutritionnels et qu'il ne met généralement pas en vente ni n'échange sur les marchés intérieurs ou de l'exportation, ni au marché noir »^[8]. Le produit de cette pêche « ne peut être colporté, exposé à la vente, vendu sous quelque forme que ce soit, ou acheté en connaissance de cause »^[20]. Ses buts premiers visés sont le recueillement, le repos, le loisir et la capture des plus grosses espèces fauniques, ou le plus grand nombre de

prises possibles en temps limité ^[7]. Elle peut être pratiquée de diverses façons: depuis le dilettantisme absolu jusqu'à la compétition internationale et pour des motifs allant de la relaxation, la convivialité à l'exploit sportif ^[6].

Cette activité relativement récente, qui émerge en Europe et en Amérique dans la période comprise entre la fin du XIX^{ème} siècle et le début du XX^{ème} siècle, y est d'abord considérée comme élitique car pratiquée par la classe bourgeoise ^[19]. Elle connaît par la suite, une expansion assez rapide dans le monde en raison de l'évolution des modes de vie, de la nature du loisir et du changement de la notion de temps libre pour la pratique du loisir ^[10]. Elle est notamment répandue dans la plupart des pays développés et se popularise rapidement ailleurs ^[8]. Cependant, cette activité se caractérise encore dans de nombreux pays, par la faiblesse de ses données statistiques. En France par exemple, l'évaluation de l'importance économique et sociale de la pêche récréative n'est pas aisée à réaliser car il existe un important manque de données sur cette activité, en raison notamment de la grande hétérogénéité et de la mobilité des pratiquants ^[16]. Cette réalité est particulièrement observée dans les pays non développés et la Côte d'Ivoire ne fait pas exception.

En Côte d'Ivoire, quoique la nouvelle Loi n°2016-554 du 26 juillet 2016 relative à la pêche et à l'aquaculture en fasse cas, elle n'apparaît que laconiquement dans deux articles de ce nouveau texte de loi. À l'article 1 relatif aux définitions des types de pêche pratiqués dans le pays, elle est assimilée à la pêche sportive. Puis, l'article 38 relève juste, que sa pratique est subordonnée à l'obtention préalable d'une licence de pêche délivrée par le Ministre chargé des pêches après avis de ceux du sport et du tourisme. Cela explique certainement qu'aucune donnée relative à sa pratique ne soit disponible dans les annuaires statistiques officiels de la pêche établis au plan national par la Direction des Pêches et de l'Aquaculture. Elle semble n'avoir également, jusqu'à présent, fait l'objet d'aucune recherche scientifique; les données à ce niveau étant introuvables ni sur internet, ni dans diverses bibliothèques et centres de documentation spécialisés, fréquentés dans le cadre de cette recherche. On manque d'informations de base sur la pêche de loisir et sur les pêcheurs amateurs ^[4] au plan national; ce n'est pourtant pas faute de sa pratique dans le pays.

Spécifiquement, dans le département de Korhogo au nord du pays, une forme associative de cette pêche se développe depuis quelques années et connaît une croissance du nombre de ses amateurs. On observe sur plusieurs plans et cours d'eau de cette circonscription administrative, une présence de plus en plus importante de divers pratiquants de cette pêche aux usages tous aussi diversifiés et variés, qui semblent indissociables de leurs profils sociaux, économiques et professionnels.

L'objectif de cet article est de fournir les premières données de caractérisation de la population des pêcheurs récréatifs du département de Korhogo. L'intérêt de l'étude tient à la nécessité que nous estimons impérieuse d'aménager les connaissances générales sur les pêcheries récréatives en Côte d'Ivoire et singulièrement celles de ce département afin de mieux apprécier leurs impacts sociaux, économiques et environnementaux. D'autant que la méconnaissance de ce secteur est un handicap, compte tenu de l'importance croissante des pêches récréatives par rapport aux pêches commerciales depuis quelques années ^[4].

2 TERRAIN D'ÉTUDE ET MÉTHODOLOGIE

2.1 CADRE SPATIAL DE L'ÉTUDE

Le département de Korhogo est situé dans le nord de la Côte d'Ivoire avec pour chef-lieu la ville éponyme. Il est compris entre 5°16' / 16°16' de longitude Ouest et 8°32' / 10°20' de latitude Nord (Figure 1).

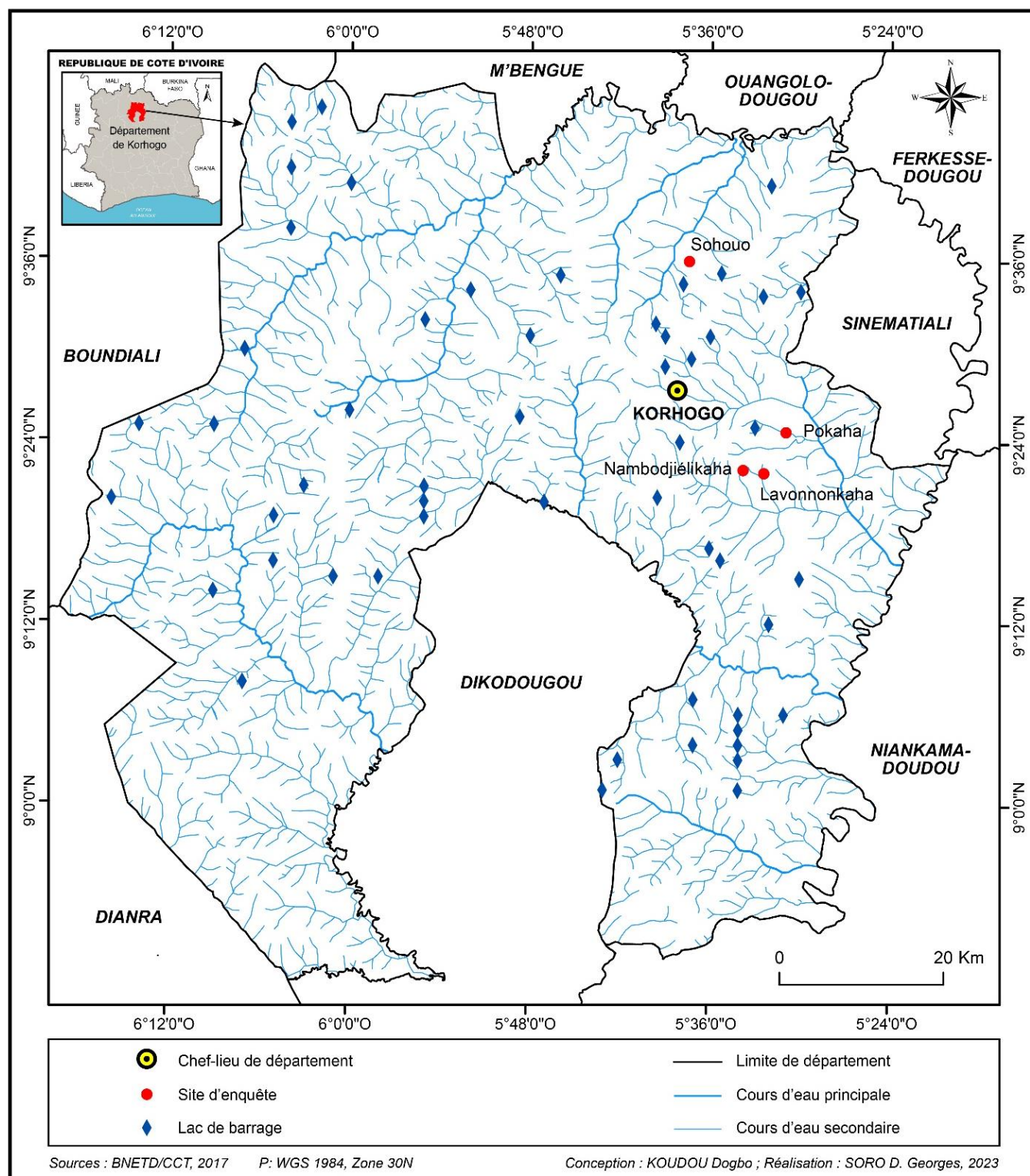


Fig. 1. Localisation du département des Korhogo et des sites d'enquête

Le département de Korhogo dispose d'un potentiel hydrographique non négligeable constitué de plusieurs petits cours d'eau (permanents et intermittents) et de lacs de barrages (agricoles, pastoraux, miniers et d'adduction en eau potable) utilisés à des fins halieutiques commerciales et récréatives. Les espaces aquatiques concernés par cette recherche sont les retenues d'eau de Lavonnonkaha, Nambodjélékaha, Pokaha et Sohoun dont les caractéristiques et les raisons de leur choix sont présentées dans l'approche méthodologique adoptée.

2.2 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

2.2.1 COLLECTE DES DONNÉES

Elle comporte deux étapes essentielles. La recherche et l'analyse documentaires correspondant à la préparation théorique d'une part, les investigations de terrain d'autre part. La recherche documentaire, l'observation directe de faits, les entretiens et le questionnaire sont les quatre techniques utilisées.

La phase de la recherche documentaire a consisté à une quête d'informations sur les acteurs et l'activité de la pêche récréative. Elle a montré que ce secteur de la pêche se caractérise en Côte d'Ivoire de façon générale et singulièrement dans le département de Korhogo, par une absence quasi-totale de données.

Le terrain a consisté d'abord, à suivre les pratiquants et par la suite, à conduire des entretiens et une enquête par questionnaire auprès de différents acteurs de cette pêche.

L'enquête par questionnaire a été réalisée à partir d'une base de sondage fournie par le Club des Pêcheurs Amateurs de Korhogo (CPAK). C'est une association halieutique départementale dont le siège social est basé dans la ville de Korhogo. Son existence est connue officiellement des autorités administratives et coutumières. Elle comptait au moment de notre enquête un effectif de 365 adhérents. Leurs sites de pêche ont constitué nos unités spatiales d'enquête. Il s'agit des retenues d'eau des localités de Lavononkaha, Nambodiélékaha, Pokaha et Sohoyo.

À partir de la population mère de 365 pêcheurs récréatifs, la taille d'un échantillon des pêcheurs à enquêter a été déterminée. Le calcul s'est fait en tenant compte de la formule de Fisher. Un effectif de 189 pêcheurs a ainsi été déterminé. Cet effectif a ensuite fait l'objet d'un tirage aléatoire simple. La fréquence des pêcheurs sur les sites de pêche varie largement d'un pêcheur à un autre en rapport avec leurs périodes de temps libre. L'option adoptée a donc été d'enquêter sur chaque site, tous les pêcheurs rencontrés jusqu'à atteindre l'effectif global de notre échantillon. Ainsi, 81 pêcheurs ont été interrogés au lac du barrage de Lavononkaha, 39 sur le réservoir de Nambodiélékaha, 55 au plan d'eau de Pokaha et 14 sur la retenue de Sohoyo.

Les travaux de terrain se sont déroulés pendant les mois de février et mars 2021 au cours desquels un questionnaire a été administré aux pêcheurs récréatifs. La technique de l'observation directe des faits a également été utilisée au cours de l'enquête de terrain. Elle a consisté à suivre les pêcheurs dans leurs pratiques habituelles.

2.2.2 TRAITEMENT DES DONNÉES

Un traitement statistique des informations collectées a été réalisé avec le logiciel Sphinx Millennium 4.5. La carte de localisation de l'espace de l'étude a été réalisée avec le logiciel ArcGIS10.2.1 puis finalisée sous Adobe Illustrator CC 2017.

3 RÉSULTATS

La population des pêcheurs récréatifs enquêtés comprend 97,35 % d'hommes. Les pêcheuses rencontrées (2,65 %) sont uniquement des conjointes de pêcheurs récréatifs. À ce niveau, 54,14 % des pêcheurs vivant en couple (86,77 %) (mariés ou concubins) ont une fois au moins, effectué une sortie sur l'un des sites de pêche en compagnie de leur partenaire. Par ailleurs, les répondants sont des Ivoiriens (90,63 %), des Burkinabè (5,26 %) et des Maliens (4,11 %). Les pêcheurs récréatifs résident surtout dans six localités (Tableau 1).

Tableau 1. Profil de la population des pêcheurs récréatifs enquêtés

Pêcheur	Effectif	Taux (%)
Genre		
Hommes	184	97,35
Femmes	5	2,65
<i>Total</i>	<i>189</i>	<i>100</i>
Nationalité		
Ivoiriens	171	90,48
Burkinabè	10	5,29
Maliens	8	4,23
<i>Total</i>	<i>189</i>	<i>100</i>
Localité de résidence		
Korhogo (Chef-lieu de District et de Région)	161	85,19
Karakoro (Chef-lieu de Sous-préfecture)	07	3,70
Sohouo (Chef-lieu de Sous-préfecture)	07	3,70
Pokaha (Village)	07	3,70
Lavononkaha (Village)	05	2,65
Nambodiélékaha (Village)	2	1,06
<i>Total</i>	<i>189</i>	<i>100</i>
Âge		
Entre 20 ans et 34 ans	9	4,76
Entre 35 ans et 49 ans	114	60,32
Entre 50 ans et 64 ans	45	23,81
Entre 65 ans et 80 ans	21	11,11
<i>Total</i>	<i>189</i>	<i>100</i>
Niveau d'étude		
Aucun	16	8,47
Primaire	46	24,34
Secondaire	58	30,69
Supérieur	69	36,51
<i>Total</i>	<i>189</i>	<i>100</i>
Statut socio-professionnel		
Fonctionnaires et agents du privé	78	41,27
Commerçants	42	22,22
Étudiants/Élèves	16	8,47
Ouvriers	21	11,11
Artisans	14	7,41
Retraités	18	9,52
<i>Total</i>	<i>189</i>	<i>100</i>

Source: Enquête de terrain, 2021

Les résultats mettent également en évidence la prédominance de la pratique de cette pêche par les citadins. En effet, les localités de provenance des pêcheurs enquêtés sur les différents sites de pêche semblent être liées aux statuts administratifs de ces agglomérations. On observe ainsi que 92,52 % des répondants sont des urbains. Ils proviennent majoritairement (85,19 %), de la ville de Korhogo, à la fois chef-lieu de District et de Région. Cette localité regroupe plusieurs services et secteurs d'activités dont sont issus les pêcheurs. Très largement en-deçà de la proportion enregistrée par cette agglomération, viennent celles des localités chefs-lieux de sous-préfecture que sont Karakoro et Sohouno, avec chacune un taux de provenance de 3,70 %. Elles abritent du fait de leur statut, quelques services administratifs et scolaires dans lesquels travaillent les pêcheurs qui y résident. À contrario, peu de pêcheurs proviennent de localités rurales (même celles riveraines), celles-ci enregistrant les taux

les moins importants à l'image de Lavononkaha (2,65 %) et Nambodiélékaha (1,06 %). Les pêcheurs qui en sont issus, sont surtout des instituteurs.

Les investigations montrent aussi, une prédominance de la pratique de l'activité par les fonctionnaires et agents du privé et les commerçants. À ces deux catégories socioprofessionnelles dominantes, s'ajoutent des ouvriers, des retraités, des étudiants/élèves et des artisans (Tableau 1).

Dans l'ensemble, les pêcheurs ont un âge compris entre 20 et 80 ans, soit un écart de 60 ans entre les deux extrêmes. La moyenne d'âge au sein de cette population est d'environ 37 ans. Par ailleurs, quatre groupes d'âge ont été identifiés en tenant compte de l'expérience de la pratique de l'activité. On observe que 84,13 % des pêcheurs ont entre 35 ans et 64 ans. Dans le détail, le groupe d'âge prédominant est celui des pêcheurs dont l'âge est compris entre 35 ans et 49 ans, avec un taux de représentativité de 60,15 % des enquêtés. La tranche d'âge la moins importante (4,67 %), est celle des 20-34 ans. Les jeunes adultes sont donc assez peu présents parmi les pêcheurs. On observe aussi l'absence des adolescents et de jeunes enfants.

En outre, les pêcheurs qui ont débuté l'activité après la mise en place du CPAK sont majoritaires (65,08 %). Ils ont moins de dix années de pratique. Cette catégorie est composée de jeunes pêcheurs et d'adultes des tranches d'âge [20-35 [ans et [35-50 [ans. À l'opposé, les pêcheurs plus expérimentés ont plus de 50 ans. Leur pratique de l'activité est plus ancienne du fait qu'ils s'y adonnent tous, sous des formes variées, depuis leur jeune âge. Ils ont un taux de représentativité de 34,92 %.

Les enquêtes révèlent également, que 91,54 % des pêcheurs ont fait des études. Ceci peut s'expliquer par la domination de l'activité, par les fonctionnaires et agents du privé, et la prépondérance à ce niveau de personnes ayant fait des études supérieures. Ceux-ci représentent 36,51 % des répondants.

4 DISCUSSION

Ce premier essai de caractérisation de la population des pêcheurs récréatifs du département de Korhogo fréquentant les sites de pêche enquêtés met en évidence l'hétérogénéité de ces acteurs issus de différentes couches socioprofessionnelles. Cette situation est liée en partie au fait que les sorties de pêche sont décrites par les pratiquants comme des moments d'évasion leur permettant de changer quelque peu, de leurs habitudes quotidiennes. Les parties de pêche constituent ainsi des occasions de retrouvailles, de partage et d'échange entre personnes aux statuts sociaux différents; permettant de faire de nouvelles rencontres, d'étoffer les carnets d'adresses. Cela peut expliquer l'importante proportion des citoyens qui, à travers ce loisir, profitent de conditions environnementales plus clémentes que celles auxquelles ils sont confrontés au quotidien en milieu urbain. En effet, les villes de la région du Poro (à laquelle est administrativement rattaché le département de Korhogo) connaissent un développement et un accroissement de la population, sources de contraintes urbaines (pollutions et nuisances) ^[14]. Ceci, dans un environnement marqué par une longue saison sèche et de fortes températures à certaines périodes de l'année. Tous ces maux font que la vie à l'intérieur des villes est parfois difficile et encourage les citoyens à rechercher le calme, le repos et le contact bienfaisant du milieu naturel en dehors des espaces urbains. Ce sont d'ailleurs, selon ces auteurs, ces facteurs qui expliquent le fort attrait que le site fluvial de loisir, de l'Eco-ferme de Lokoli, située en bordure du Bandama, à plus de 30 km dans le département de Sinématiali (frontalier à celui de Korhogo) exerce sur les touristes hebdomadaires de loisir provenant de la ville Korhogo ^[14]. Ces conditions peuvent également expliquer en partie le développement de cette pêche, de même que sa prédominance au plan local, par les fonctionnaires et agents du privé. Ces derniers, contraints à une présence régulière dans leurs différents services pendant les jours ouvrables de la semaine, trouvent dans la pratique de cette activité, au cours des week-ends, des occasions de passer de "bons moments", seuls, entre amis, entre collègues ou en famille. Les pêcheurs récréatifs pratiquent donc cette activité à des fins de plaisir, de passe-temps, de relaxation, d'amusement ^[20]. Mais, cette pêche fournit également à ses adeptes, des apports alimentaires supplémentaires (personnels ou familiaux) en protéines animales à travers les prises réalisées. Certaines populations la pratiquent dans un but de subsistance, ou pour compléter les repas ^[20].

Cependant, et quoique n'ayant pas été abordés par cette étude, d'autres déterminants d'ordre économique peuvent être évoqués. En effet, l'activité est connue pour augmenter avec le développement économique des sociétés parce que les gens peuvent se permettre de passer du temps à pêcher pour les loisirs et pour améliorer leur qualité de vie, plutôt que pour assurer l'apport de nutriments ou la survie ^{[2], [8]}. Le niveau de vie élevé des pays développés permet donc aux populations de consacrer plus de temps et d'argent aux loisirs, y compris la pêche récréative. Cela explique certainement qu'elle soit très répandue dans la plupart de ces pays ^[8].

De ce point de vue, le facteur économique constitue un élément explicatif à la faible présence des ruraux parmi les pêcheurs récréatifs du département de Korhogo malgré leur proximité d'avec les sites de pêche. Toutes les études menées en Côte d'Ivoire ont en effet, montré que la pauvreté est, de tout temps, plus accentuée en milieu rural qu'en milieu urbain ^{[5], [3]}. Dans la région du Poro, le taux de pauvreté était par exemple de 44 % en milieu urbain et 62,4 % en milieu rural ^[13]. Du fait de leur

situation économique difficile, les personnes vivant dans des zones rurales ont donc des priorités financières différentes de celles des urbains. Elles sont plus concentrées sur les dépenses liées à leur mode de vie et à leur travail, et moins portées sur ce loisir. D'autre part, les ruraux ont souvent un mode de vie plus axé sur les activités liées à la vie en extérieur, telles que la chasse et/ou la pêche. Ainsi, si cette dernière est considérée comme un loisir pour les citadins, elle n'a pas forcément la même appréciation pour les personnes vivant déjà en milieu rural.

La population des pêcheurs est à forte dominance masculine bien que des femmes participent également à cette activité. Certainement parce qu'elles ont moins de temps libre pour pratiquer cette activité en raison de diverses tâches ménagères. Les femmes rencontrées au cours de l'enquête sont surtout des conjointes de pêcheurs qui trouvent dans la pratique de l'activité un moyen d'être plus proches de leurs compagnons. Une partie de pêche peut être le prétexte à une sortie en famille ^[9]. Cette réalité laisse croire à un aspect familial de l'activité et renforce son caractère premier, de loisir. En France, 20 % des pêcheurs de loisir en eau douce pratiquent l'activité en famille ^[9].

La prépondérance de la pratique de l'activité par les hommes est également soulignée par des études réalisées en France ^{[11], [12], [9]}. Celles-ci ont démontré que la pêche de loisir est une activité à dominance masculine. Plus spécifiquement, l'une de ces études souligne que la pêche de loisir en eau douce est essentiellement une activité masculine; 79 % des pêcheurs étant des hommes ^[9]. On retrouve des proportions similaires dans le milieu maritime. Le Ministère français de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie estime par exemple que plus de 80 % des pêcheurs maritimes de loisir sont des hommes. Cette tendance est confirmée dans le cas de la pêche à pied de loisir ^[18]. Les pêcheurs à pied sont majoritairement des hommes: près de 60 % des pratiquants en Charente-Maritime et 53 % en Côtes d'Armor ^[18].

Ces observations peuvent être liées à la culture et aux normes sociales; la pêche étant souvent perçue dans l'imaginaire collectif comme une activité masculine. Cette perception est renforcée par des stéréotypes et des pratiques culturelles qui l'associent à des qualités masculines telles que la force physique et l'aventure.

Les pêcheurs récréatifs du département de Korhogo ont un large éventail d'âges. Mais, il s'agit surtout d'adultes avec une moyenne d'âge trentenaire des pratiquants. La forte dominante de personnes de la classe d'âge 35-49 ans en est la raison. Ce sont donc des actifs dont les buts principaux de la pratique de l'activité sont d'abord la détente et le contact avec la nature, comme mentionné dans les paragraphes précédents. Les pêcheurs sont en fait, assez représentatifs de la population active nationale estimée par exemple à 62,8 % de la population totale du pays en 2020 ^[17]. C'est aussi le cas en France où le pêcheur de loisir en eau douce est « plutôt jeune (70 % des pêcheurs ont moins de 50 ans) » ^{[1], [9]}. En revanche, le constat de l'absence des adolescents et de jeunes enfants (même pour ceux qui pêchent en couple) « traduit un problème de recrutement et de transmission qui contribue à l'érosion du nombre de pratiquants » ^[9]. Le corollaire de cette situation, c'est qu'elle peut aboutir à terme, à un essoufflement de la dynamique de développement qui caractérise actuellement l'activité.

Le résultat de l'étude sur le niveau d'étude des adeptes de l'activité fait ressortir sa prédominance par des pêcheurs ayant reçu une instruction scolaire. Ce constat laisse suggérer que les pratiquants sont majoritairement capables de comprendre les mesures de gestion et de régulation de l'activité, et de se les approprier. En effet, hormis les dispositions de la Loi n°2016-554 du 26 juillet 2016 relative à la pêche et à l'aquaculture qui régissent la pratique de leur activité et auxquelles ils sont tenus, les pêcheurs récréatifs du département sont également soumis aux règles édictées par l'association halieutique (CPAK) à laquelle ils appartiennent. Ces textes réglementaires et associatifs comprennent les conditions d'accès à la ressource et d'exercice de l'activité ^[15], qu'ils doivent comprendre pour la préservation des écosystèmes exploités. Cela doit en principe leur permettre de prendre des mesures pour éviter la surpêche et la destruction de l'habitat des poissons, notamment à travers le respect des tailles minimales de capture, des limites de prises et des zones de pêche interdites. À ce sujet, il y a une chez ces pêcheurs, à ne cibler que les espèces dont les tailles sont supérieures aux tailles minimales de capture autorisées ^[15]. Selon ces mêmes auteurs, la totalité des pêcheurs qu'ils ont interrogé au cours de leur enquête déclarent remettre systématiquement à l'eau, leurs prises juvéniles ou de taille non commerciale. Ces attitudes constituent des atouts au développement et la durabilité de cette pêche.

En outre, des pêcheurs éduqués sont plus susceptibles de connaître les règles de sécurité, ce qui peut réduire le nombre d'accidents. Ils peuvent également, mieux apprécier l'importance économique de leur activité pour les communautés riveraines. Cela peut encourager ces dernières à s'impliquer dans la protection des sites de pêche, la conservation des ressources et des habitats, les plans d'eau étant utilisées par d'autres activités (agriculture, élevage...).

5 CONCLUSION

L'activité de pêche récréative pratiquée dans le département de Korhogo rassemble une population de pêcheurs aux caractéristiques socioprofessionnelles diversifiées. Elle est principalement masculine avec la présence de quelques femmes,

conjointes de pêcheurs. Ce sont en majorité des citoyens, résidant surtout à Korhogo, pôle administratif et démographique départemental. Très peu proviennent des localités rurales, même de celles qui abritent les sites de pêche.

Les fonctionnaires, les agents du privé et les commerçants sont les catégories socioprofessionnelles les mieux représentées parmi les pratiquants de cette activité. Mais, on y retrouve également des ouvriers, des retraités, des étudiants, des élèves et des artisans. Dans l'ensemble, des personnes actives, adultes de moins de quarante ans en moyenne. Ils ont en majorité moins d'une dizaine d'années d'expérience dans la pratique de ce loisir débuté avec la mise en place leur association halieutique le Club des Pêcheurs Amateurs de Korhogo (CPAK) créé 2015. Les parties de pêche revêtent principalement pour toutes ces personnes aux statuts sociaux différents, des moments de relaxation, de retrouvailles, d'échange, de repos, de contact bienfaisant avec le milieu naturel.

Par ailleurs, les pêcheurs ont majoritairement fait des études, ce qui laisse supposer la compréhension de la réglementation régissant au niveau local (associatif) et national la pratique de l'activité.

REMERCIEMENTS

Cette recherche a été possible grâce au concours et à la collaboration du Club des Pêcheurs Amateurs de Korhogo (CPAK) et à ses membres. Les auteurs leur sont infiniment reconnaissant pour les informations fournies.

REFERENCES

- [1] AESN, 2004. Étude socio-économique et spatialisée des usages du milieu aquatique. Lot N°2: Pêche de loisir, Synthèse A.N.D. International SOMIVAL, République Française, 19 p.
- [2] ARLINGHAUS R., COOKE S., 2009. Recreational Fisheries: Socioeconomic Importance, Conservation Issues and Management Challenges, 21 p.
- [3] BAD/FAD, 2018. Côte d'Ivoire. Document de stratégie pays (DSP 2018-2022) combiné avec la revue de la performance du portefeuille pays 2018, Département économies pays – ECCE direction générale Afrique de l'ouest – RDGW, 68 p.
- [4] CECPI, 2000. Rapport du Symposium sur les pêches et la société. Perspectives sociales, économiques et culturelles pour les pêches dans les eaux intérieures organisé conjointement à la vingt-et-unième session de la Commission européenne consultative pour les pêches dans les eaux intérieures. Budapest, Hongrie, 1-7 juin 2000. FAO Rapport sur les pêches, N°. 625, Suppl. Rome, FAO. 2000. 49p.
- [5] DSRP, 2009. Stratégies de relance du développement et de réduction de la pauvreté, République de Côte d'Ivoire, 180 p.
- [6] FAO, 2005. Profil de la pêche par pays: La république française, 31 p.
- [7] FAO, 2008. Vue générale du secteur des pêches national, Burkina Faso, 19 p.
- [8] FAO, 2012. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture, Rome, 241 p.
- [9] FNP, 2010. Schéma national de développement du loisir pêche. Plan global, Version soumise à approbation de l'AG FNPF du 13 / 06 / 2010, France, 135 p.
- [10] FORTIER J., AUGER D., 2006. « Historique du loisir », in: Musée de la civilisation, exposition, Laboratoire en loisir et vie communautaire, Université du Québec à Trois-Rivières, 38 p.
- [11] FRANCEAGRIMER, 2018. Étude sur l'évaluation de l'activité de pêche de loisirs en France métropolitaine (dont la Corse) Synthèse de l'étude, 13 p.
- [12] IFREMER, 2014. La pêche récréative en mer en France métropolitaine (Atlantique, Manche, Mer du Nord, Méditerranée), 4 p.
- [13] INS/DGPLP, 2015. Enquête sur le niveau de vie des ménages en Côte d'Ivoire (ENV2015). Profil de pauvreté 2015, Ministère d'État, Ministère du plan et du développement, Banque Mondiale, PAM, Agepe, unicef, AFRISTAT, PNUD, 91 p.
- [14] KOUADIO N. K. F., KOUDOU D., APHING-KOUASSI N. G., 2018. Exploitation des sites fluviaux et essor du tourisme hebdomadaire de loisir dans la région du Poro en Côte d'Ivoire: L'Eco-ferme de Lokoli sur les berges du Bandama. In: ESSAN K. et N'GOTTA N.: *La Population Ivoirienne d'hier à aujourd'hui: Regards croisés des sciences sociales et humaines*, capdev, UFHB, IGT, Archives nationales de Côte d'Ivoire, Gcréa, Abidjan, p. 331-346.
- [15] KOUDOU D., SILUÉ P. D., ALLA K. A., YÉO D., 2023. Pêche récréative et gestion des écosystèmes lacustres dans le département de Korhogo (Côte d'Ivoire), in: *Revue de Géographie de l'Université de Ouagadougou*, Num. spécial, Vol. 1, Actes du colloque d'hommage au Prof. TPZ, janv. 2023, p. 113-128.
- [16] LEVREL H., JACOB C., 2012. Analyse économique et sociale de l'utilisation de nos eaux marines et du coût de la dégradation du milieu marin golfe de Gascogne, In: *Activités de loisirs, Utilisation des eaux marines, Pêche récréative*, 10 p.
- [17] ONP/MPD, 2020. Jeunesse, dividende démographique et marché du travail en Côte d'Ivoire. Plus de 35 % du PIB de la Côte d'Ivoire pour combler le déficit des jeunes engendré par le chômage et la précarité des emplois, République de Côte

d'Ivoire, Observatoire Population et Développement pour le Suivi du Dividende Démographique, Banque Mondiale, UNFPA, Policy N°3, 8 p.

- [18] RÉSEAU LITTOREA, 2021. Étude et diagnostic de l'activité de pêche à pied récréative. Cahier méthodologique et recueil d'expériences, 314 pp.
- [19] TISDELL C., 2003. Recreational Fishing: Its Expansion, its Economic Value and Aquaculture's Role in Sustaining It, Working papers on economics, ecology and the environment, The University of Queensland, 16 p.
- [20] VERBEKE G., MAISON E., 2013. La gestion de la pêche de loisir dans les aires marines protégées, Recueil d'expériences des gestionnaires, in: Coll. « Cahiers techniques » n°87, Montpellier, Aten, 2013, 112 p.

Analyse des déterminants des conflits fonciers dans le département de Lakota (Sud-Ouest Ivoirien)

[Analysis of the determinants of land conflicts in the department of Lakota (South-West Ivorian)]

Gbodje Jean-François Aristide¹ and Godi Jonas²

¹Département de Géographie, Université Peleforo Gon COULIBALY, Côte d'Ivoire

²Département d'Anthropologie, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 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: Land is a natural support for agricultural, cultural and social production, which is essential for people living in rural areas. Access to this resource therefore becomes an imperative for survival. In the department of Lakota, for the past two decades, land has been the object of much covetousness, thereby attracting a large migratory flow oriented mainly towards the acquisition of cultivable plots. Thus, in rural areas, competition for access to land and its control intensifies and generates land conflicts in the social body. This study addresses one of the themes that preoccupies, at the national level, the Ivorian state authorities at the highest level: *the preservation of land conflicts*. The central concern is as follows: how can we preserve land conflicts in rural areas in a context where land remains an essential support for agricultural production so coveted by farmers ? The response to this problem required a methodology based on bibliographic research and field research with farmers, customary and administrative authorities. This approach aims in particular to analyze the determinants of the advent of land conflicts in the department of Lakota and their impact on social cohesion in rural areas. The results show that land conflicts in Lakota result, on the one hand, from the pressure of farmers (indigenous and migrant) on land resources in search of cultivable land, and on the other hand, from the different modes of land transfer and poor agricultural practices associated with it.

KEYWORDS: Agriculture, land conflicts, rural area, department of Lakota, south-wester ivoirien.

RESUME: La terre constitue un support naturel de production agricole, culturelle et sociale indispensable pour les populations vivant en milieu rural. L'accès à cette ressource devient de ce fait un impératif de survie. Dans le département de Lakota, depuis ces deux dernières décennies, la terre est l'objet de nombreuses convoitises, attirant de ce fait un important flux migratoire orienté essentiellement vers l'acquisition des parcelles cultivables. Ainsi, dans les zones rurales, la compétition pour l'accès à la terre et son contrôle s'intensifie et engendre des conflits fonciers dans le corps social. Cette étude aborde une des thématiques qui préoccupe, à l'échelle nationale, les autorités étatiques ivoiriennes au plus haut niveau: *la préservation des conflits fonciers*. La préoccupation centrale est la suivante: comment peut-on préserver les conflits fonciers en milieu rural dans un contexte où la terre demeure un support de production agricole indispensable tant convoité par les paysans ? La réponse à cette problématique a nécessité une méthodologie axée sur la recherche bibliographique et l'enquête de terrain auprès des agriculteurs, des autorités coutumières et administratives. Cette démarche vise particulièrement à analyser les déterminants de l'avènement des conflits fonciers dans le département de Lakota et leur impact sur la cohésion sociale en milieu rural. Les résultats montrent que les conflits fonciers à Lakota résultent d'une part, de la pression des agriculteurs (autochtones et migrants) sur les ressources foncières en quête des terres cultivables, et d'autre part, des différents modes de cession de la terre et des mauvaises pratiques agricoles qui y sont liées.

MOTS-CLEFS: Agriculture, conflits fonciers, milieu rural, département de Lakota, sud-ouest ivoirien.

1 INTRODUCTION

La gestion des ressources foncières est une question pratique pour les États Africains. Elle est encrée depuis de nombreuses décennies dans les politiques de développement agricole dans les milieux ruraux. Dans les pays de colonies françaises, les lois foncières stipulaient que toutes les terres du territoire étaient du domaine exclusif de l'État colonial. Ainsi, les règles de gestion et d'appartenance coutumière à la terre étaient ignorées (OCDE, 2007). Ces lois ou règles coloniales et toutes leurs réformes ont longtemps régi la gouvernance du foncier ivoirien jusqu'à l'élaboration d'un nouveau code foncier rural du 23 décembre 1998 qui reconnaît désormais le droit coutumier régulant la gestion du domaine foncier villageois. Objets d'inaliénation socioculturelle, les terres du domaine rural ivoirien ont, de tous temps eu un propriétaire du point de vue traditionnelle. Elles ont toujours été considérées comme le patrimoine de la communauté, laquelle connaît et reconnaît l'existence d'un chef de terre ou de famille du lignage patrilinéaire ou matrilinéaire qui y exerce son autorité suprême (A. S. Gbodjé, 2018, p.75). Cette autorité lui confère de ce fait « *des droits qui trouvent leur fondement dans la coutume. Ces droits sont conformes à la tradition* » (T. Dagrou, 2003, p. 23). De ce fait, c'est à lui seul qu'il revient le pouvoir, en sa qualité de dépositaire exclusif, d'en décider l'affectation tant individuellement que collectivement dans la communauté familiale. Dans le Département de Lakota comme dans l'ensemble des communautés ivoiriennes, le foncier coutumier n'est ni plus ni moins que « la terre des ancêtres » dont la légitimité semble encore fortement ancrée dans les traditions (A. A. Lamarche, 2019), et ce, malgré l'existence des lois étatiques qui régissent leur fonctionnement (cf. *Loi n°98-750 du 23 décembre 1998 modifiée par la loi du 28 juillet 2004*). Cette légitimité de l'appartenance autochtone à la terre est construite autour de la parenté. La coutume demeure la principale référence en matière de gouvernance sociale, et particulièrement dans le domaine du foncier. Il faut voir les statistiques du Norwegian Refugee Council (2009, cité par J. K. Konan et al, (2019, p.33)) pour s'en convaincre. Elles stipulent qu'en Côte d'Ivoire, « *la gestion des terres rurales relève de la coutume à 98% et seules 1 à 2% d'entre elles font l'objet d'un titre de propriété conformément à la loi* ». Considérée comme un outil de production agricole, mais aussi comme une source de revenu économique et un accès à l'habitation (établissement humain), la terre est et demeure l'objet de nombreuses convoitises. Pour ce faire, elle devient source de conflits multiples entre les États, les clans, les tribus, les villages et les communautés. Les conflits qui découlent de la gouvernance foncière sont légions dans le monde. En Afrique et notamment en Côte d'Ivoire, ce sont notamment dans les régions du sud-forestier ivoirien (dont fait partie le département de Lakota) qu'ils prennent de l'ampleur d'autant plus que ces régions sont naturellement propices et prédisposées à la production des cultures de rente tels que le café, cacao, le palmier à huile, etc. Dans le cadre de cette étude, ces conflits fonciers sont abordés à l'échelle de la relation intercommunautaire « autochtones (populations originaires de la zone d'étude) et migrants (populations non-autochtones venues d'ailleurs) ». C'est une relation qui structure les rapports fonciers dans l'économie de plantation villageoise autour de la question de la reconnaissance sociale des droits d'appropriation et des modes de cession transférés aux immigrants via divers arrangements institutionnels traditionnels d'accès à la terre. Il s'agit notamment d'achat-vente, don, prêt, de mise en gage, etc. (J.-P. Chauveau, 2000). Cette étude permet de connaître les déterminants de la dynamique des conflits fonciers liés à l'accès des terres agricoles dans le département de Lakota.

2 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE ET TECHNIQUE DE COLLECTE DES DONNÉES

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Administrativement régi en chef-lieu de département par le décret n°79-409, du 21 mai 1979, Lakota, espace géographique de cette étude, est une localité située au Sud-ouest de la Côte d'Ivoire à 244 km d'Abidjan et à 185 km de Yamoussoukro. Il est compris entre 05°51 de latitude nord et 05°40 de longitude sud, et est à cheval entre sept (07) départements: au Nord le département d'Oumé; au Sud, les départements de Sassandra et de Fresco; à l'Est, le département Divo et celui de Guirya au Sud; à l'Ouest, le département de Gagnoa et au Sud-ouest, celui de Gueyo (*figure 1*).

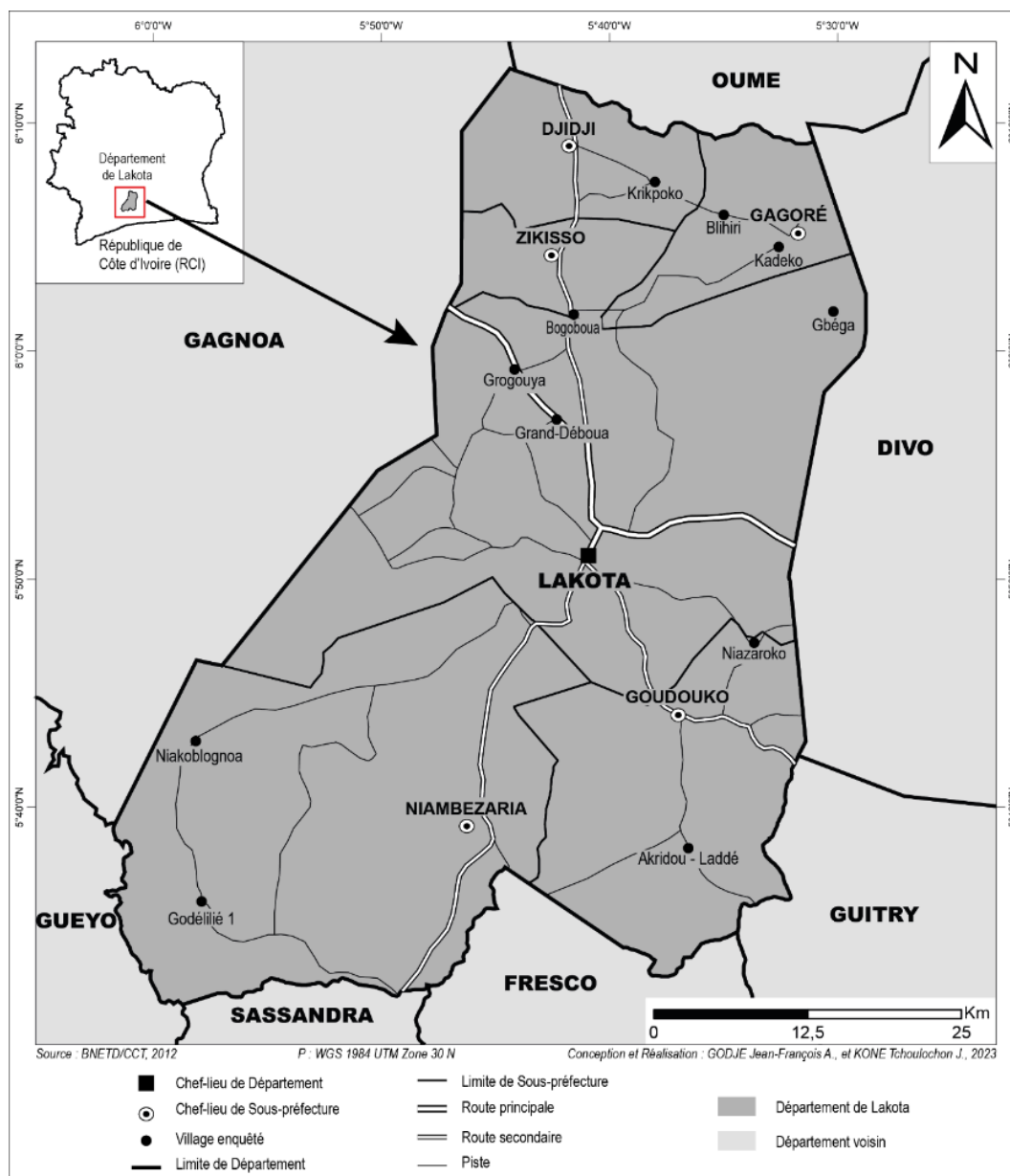


Fig. 1. Carte de la localisation de la zone d'étude

Avec une population estimée à 202 201 habitants en 2014 (RGPH, 2014), le département de Lakota constitue, avec celui de Divo, le chef-lieu de région du Lôh-Djiboua (selon le nouveau découpage administratif de 2012). En effet, cette localité connaît un dynamisme agricole fondée sur l'essor économique du café et du cacao, et plus récemment de l'hévéa et du palmier à huile. Face à la rentabilité économique de ces spéculations, les agriculteurs (autochtones et non-autochtones), à travers diverses gouvernances foncières, exercent une forte pression pour les terres agricoles disponibles. De ces pressions anthropiques, découlent des conflits fonciers qui affectent plus ou moins gravement les rapports intercommunautaires dans les villages. L'objectif de cet article est d'analyser les déterminants des conflits fonciers en cours dans le département de Lakota. Il s'agit plus précisément d'étudier primo, les pratiques régissant la gouvernance foncière à Lakota et qui sont sources de conflits fonciers; second de connaître leurs manifestations et impacts dans le corps social, et enfin tertio d'identifier les instances de leur résolution.

2.2 TECHNIQUE DE COLLECTE DE DONNÉES

L'étude allie recherche documentaire et enquêtes de terrain. La recherche documentaire a permis de collecter les données secondaires issues des ouvrages traitant des questions relatives au sujet d'étude. Les informations collectées portent sur

l'origine sociodémographiques des agriculteurs, leur affiliation sociale et ethnique, les types de conflits fonciers et les modes et moyens d'accès aux ressources foncières dans les villages. En ce qui concerne les enquêtes, elles ont été réalisées dans les six sous-préfectures (S/p) que compte le département de Lakota. À l'intérieur de chaque sous-préfecture, 1 à 3 villages ont été enquêtés. Ce sont les villages de Krikpoko dans la S/p de Djidji; de Brihiri et Kadéko dans la S/p de Gagoré; de Bogoboua dans la S/p de Zikisso; de Grogouya, Grand-Déboua et Ikakoulilié dans la S/p de Lakota; de Djidjé sud et Niazaroko dans la S/p de Goudouko et de Niakoblognoa et Godélilié 1 dans la S/p de Niambézaria. Ce sont en tout, 11 villages visités (*Tableau 1*).

Tableau 1. Villages d'enquêtes

Département	Sous-préfectures	Villages d'enquêtes
LAKOTA	Lakota	Grogouya
		Grand-Déboua
		Ikakoulilié
	Zikisso	Bogoboua
	Gagoré	Brihiri
		Kadéko
	Niambézaria	Godélilié 1
		Niakoblognoa
	Goudouko	Djidjé Sud
		Niazaroko
	Djidji	Krikpoko
Total	6	11

Source: Données d'enquêtes, août 2022

Le choix de ces villages d'enquêtes tient compte de l'ampleur des crises foncières qui y sont enregistrées depuis ces deux dernières décennies. Dans ces localités, un effectif total de 165 chefs de ménage a été enquêté en ayant recours au technique d'échantillonnage aléatoire et raisonnée, constitué de 105 agriculteurs autochtones et 60 agriculteurs non autochtones (migrants). Le faible effectif des étrangers enquêtés se justifie par le fait que certains ont préféré se mettre à l'écart en refusant de participer aux enquêtes, et ce, à cause de la sensibilité des questions relatives au foncier rural en Côte d'Ivoire. Ceux qui y ont pris part l'ont fait délibérément sans aucune contrainte. L'ensemble de ces agriculteurs a été interrogé à l'aide d'un questionnaire articulé autour de trois éléments: identification des enquêtés, mode d'accès à la terre et types de conflits fonciers qui se développent dans les rapports intercommunautaires. Pour faire partie des répondants, les chefs de ménages devaient être agriculteurs autochtones propriétaires terriens ou agriculteurs migrants en quête de terres agricoles ou ayant déjà acquis une parcelle de terre mise en valeur et résidants dans les villages d'étude. Si les autochtones ont été interrogés sans difficultés majeures, en revanche, les migrants ayant participé aux enquêtes, bien plus méfiants (car jugeant les questions foncières sensibles), ont choisi d'être entretenus en aparté, loin des regards des autochtones pouvant influencer leurs réponses. Les enquêtes se sont déroulées du 18 novembre 2022 au 25 février 2023. Au cours de cette période, les visites de terrain et les témoignages des populations ont permis d'apprécier l'ampleur des crises foncières en cours dans le département de Lakota. Toutes les données collectées issues des recherches documentaires et d'enquêtes de terrain ont permis d'aboutir aux résultats suivants.

3 RÉSULTATS

Les résultats obtenus s'articulent autour de trois points essentiels à savoir: les déterminants du développement des conflits fonciers dans la zone d'étude, les manifestations de ces crises et leur impact dans le corps social villageois et enfin, les stratégies de résolutions de ces conflits.

3.1 LES DÉTERMINANTS DU DÉVELOPPEMENT DES CONFLITS DANS LA ZONE D'ÉTUDE

3.1.1 UNE GOUVERNANCE FONCIÈRE FONDÉE SUR DIFFÉRENTS MODES DE TRANSMISSION DES TERRES AGRICOLES

Le département de Lakota est caractérisé par la présence de la forêt dense mésophile, d'un relief peu accidenté, d'un climat chaud et humide, d'un sol fertile, d'une végétation luxuriante et de nombreux cours d'eau. Ce potentiel constitue un atout naturel favorable au développement d'une agriculture de plantation (café, cacao, hévéa et palmier à huile) et vivrière (banane

plantain, taro, manioc, maïs, riz, etc.). La gouvernance foncière s'y exerçait dans le strict respect des principes traditionnels sous la responsabilité de chaque chef de lignage, chef de terre. Depuis très longtemps, la terre ne faisait, en aucun cas, l'objet de convoitises et de marchandage dans les villages, parce que sa gestion et sa mise en valeur étaient consubstantielles aux pratiques divines (cultes rendus aux ancêtres avant toute cession ou mise en valeur). Les conflits fonciers n'existaient presque pas entre les communautés autochtones et étrangères. Les non-autochtones n'étaient de simples usufruitiers. Les conflits fonciers n'avaient même pas leur raison d'être, puisque les Dida (groupe ethnique vivant dans cet espace géographique) étaient foncièrement attachés à leurs terres ancestrales et les préservaient comme la « *la prunelle de leurs yeux* » (A. S. Gbodjé, 2005, p.123). Si un conflit foncier survenait de la mésentente ou de la méconnaissance des limites des champs, il était réglé à l'amiable sous l'arbre à palabre aux pieds des chefs de terre et de village, les seuls gestionnaires du patrimoine foncier traditionnel. Si quelqu'un s'est rendu coupable d'un fait lié à une fraude foncière, il lui était imposé symboliquement une amende forfaitaire au profit de la victime. Les terres ne faisaient donc l'objet d'aucune violation. Elles appartiennent en exclusivité aux familles lignagères qui les ont conquises à la suite d'après guerres tribales ou à l'issue d'un pacte passé avec des génies bienfaiteurs. Chaque portion de terre devient de facto une propriété d'un membre de la famille dès lors qu'il l'a mise en valeur. Les chefs de famille ou de lignage sont les seuls à avoir le droit de regard et de contrôle sur toutes les installations humaines sur les terres ancestrales (J. Godi, 2021, p. 25). Ils sont par conséquent, les seuls garants moraux et chefs spirituels de toutes les terres lignagères.

Dans d'autres coutumes ivoiriennes comme chez les Dida, céder la terre à des personnes hors de la famille lignagère aux fins agricoles est un fait naturel, puisqu'on ne doit pas refuser la terre à celui qui en fait la demande pour la cultiver pour se nourrir (J. J. Y. Koffi, 2008, p. 52). Cependant, la cession de la terre à une tierce personne ne signifiait pas de facto que celui-ci a eu droit à la propriété foncière définitive. En réalité le propriétaire terrien ne concède que seulement le droit d'usage dans la mesure où la terre redevait le patrimoine familial après exploitation. C'est pourquoi on n'acceptait que l'usufruitier y plante des cultures pérennes symboles du marquage de la propriété foncière. La terre n'était ni vendue ni hypothéquée, mais elle était provisoirement cédée à un demandeur pour la cultiver. Cette cession se faisait gracieusement sur une simple demande de celui-ci sans conditions astreignantes (A. J.-F. Gbodjé, 2018, p. 181). Les refus d'octroyer la terre étaient rares, car les terres étaient surabondantes et quiconque disposait de la force de travail nécessaire pouvait cultiver la superficie voulue (Konan, 2004). L'origine sociodémographique du requérant n'était même pas considérée dans la mesure où il n'était qu'un usufruitier. Aucune contrepartie des récoltes, ni même une somme d'argent ne lui était exigée par le prêteur. Cette pratique sous-entendait qu'à la fin de la saison culturale, le propriétaire récupère son terrien et ne devienne redevable au demandeur. Seulement, ce n'est qu'en guise de reconnaissance et de remerciement que le demandeur pouvait, de son plein gré, décider de verser une partie de la récolte au propriétaire terrien. Sa démarche envers le propriétaire terrien lui permettait de tisser des liens « familiaux » et une relation de confiance réciproque empreinte de « fraternité ». C'est au travers de cette générosité des autochtones chefs de terres que de nombreux ressortissants, notamment ceux du Nord ivoirien ont pu bénéficier de l'accès aux terres agricoles pour cultiver le maïs, le riz, l'arachide et bien d'autres denrées alimentaires pour se nourrir.

Dans la pratique coutumière dida, il a existé cependant des exceptions où la terre pouvait faire l'objet de cession définitive à quelqu'un qui n'était pas membre de la famille lignagère. Il s'agissait du « *don de terres*. Le don de terre est une pratique ancestrale et coutumière en pays dida. C'est une cession définitive de la terre. En effet, on fait don de terre à quelqu'un ou à une famille tierce non membre de la famille lignagère lorsqu'il existait des liens étroits très forts qui unissaient la famille du propriétaire terrien et celle du demandeur. C'est le cas par exemple où le bénéficiaire s'intégrait pleinement dans la famille du donateur à travers de nombreux actes salutaires qu'il posait en soutien lorsque survenait un événement heureux (naissance, dot, mariage) ou malheureux (funérailles). Il devait ainsi de facto "membre" de la famille du donateur. L'établissement définitif du demandeur sur la terre était alors conditionné par l'offre symbolique de nombreux présents, selon les dires de certains chefs de terres enquêtés. Il offrait une bouteille de Gin servant pour la libation, d'un poulet immolé (dont le sang versé sur le sol) à l'honneur des mannes pour la fertilité de la terre, d'une somme de 25 000 F CFA à titre du droit coutumier et enfin, d'un pagne "*Kita*" (pagne traditionnel utilisé comme habit d'apparat dans les grandes cérémonies de réjouissance). Après avoir offert tous ces présents, le bénéficiaire jouissait désormais les droits de propriété absolu sur la terre et pouvait par conséquent transférer la terre acquise en héritage à sa descendance.

Le don de terre pouvait être aussi fait à un neveu (le fils de la sœur du propriétaire terrien) et à un gendre (le mari de la fille du propriétaire terrien) lorsque ceux-ci se montraient régulièrement généreux et bienveillants à l'égard des oncles ou des beaux-parents, notamment dans l'exécution des travaux champêtres comme par exemple l'entretien des plantations, la création d'une rizière, mais aussi pour la construction de maisons familiales et la participation à la chasse du gibier au filet. Même s'il n'existe pas de données relatives au nombre de terres ou de superficies octroyées sous forme de don dans les villages, il ne faut cependant pas occulter que cette pratique a belle et bien existée dans les pratiques foncières.

Mais, depuis les années 1990, le département de Lakota (disposant encore d'un énorme potentiel forestier et foncier) a connu un afflux massif de nombreux agriculteurs venus à la fois des zones savaniques aux terres pauvres du centre et du nord

de la Côte d'Ivoire, des pays limitrophes et d'anciennes boucles du cacao en déclin à la recherche de terres nouvelles cultivables. Depuis bientôt deux (02) décennies, cette poussée démographique dans cette région a favorisé et exacerbé la pression sur les ressources foncières. Ainsi, les besoins en terres agricoles, sous l'impulsion de nombreux migrants, ont fait naître différentes formes de pratiques foncières qui contrebalancent la méthode traditionnelle d'accès à la terre (don) dans le département de Lakota. Ces nouvelles modes de cessions foncières qui y ont cours concernent *la vente, les systèmes de « planter-partager ou travailler-partager », la location* ainsi que *la mise en gage des terres*. Ce sont désormais les modes par lesquelles l'on peut accéder à la terre dans les villages (figure 2).

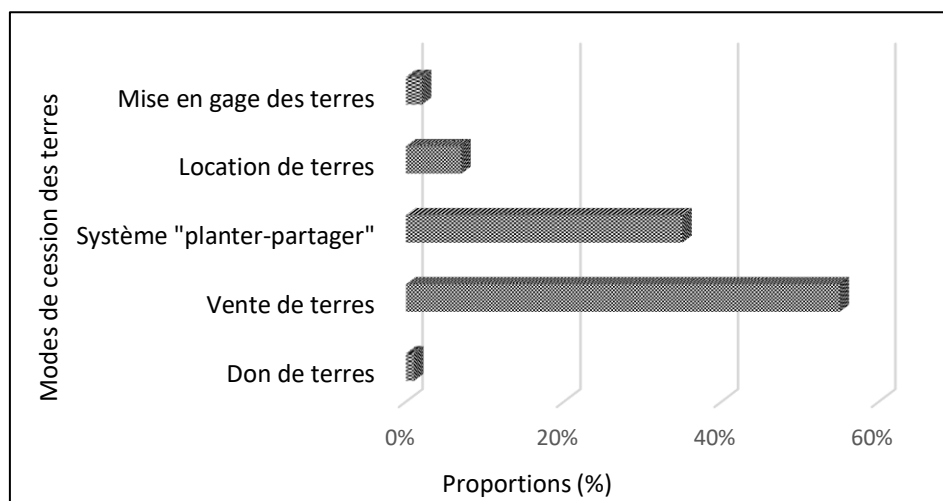


Fig. 2. Modes de cession foncière pratiquées par les propriétaires terriens dans les villages

Source: Données d'enquête, 2022

L'analyse du graphique révèle que la vente des terres est beaucoup plus en hausse (55%) que les autres formes de transactions foncières qui sont: le « don » (1%), la location (7%), le système « planter-partager » (38%) et la mise en gage (2%). La vente de terres représente donc la spéculation foncière la plus répandue dans les villages. C'est une cession définitive matérialisée par un acte d'achat moyennant une certaine somme d'argent. Le propriétaire terrien et ses héritiers perdent tous droits de possession sur la terre vendue. À Lakota, une portion de terre d'un hectare est vendue, au début des années 2000, à 250 000 F CFA au moment où les terres agricoles étaient encore abondantes. Aujourd'hui où elles se font rares, un hectare coûte entre 500 000 et 800 000 F CFA. Les revenus attractifs issus de la marchandisation des terres ont décuplé leur spéculation dans les villages. Si la terre est vendue, bien avant d'entrer en sa possession, l'acquéreur a l'obligation de payer à la chefferie (caution morale de l'acte de vente et d'achat), la somme de 150 000 F CFA en guise de droits coutumiers. Toute vente de terre à l'insu du chef du village et ses notables, et des témoins des parties contractantes est nulle.

Le système « planter-partager » est la deuxième spéculation foncière la plus importante pratiquée par les propriétaires terriens dans les villages. Absent dans les habitudes culturelles des populations autochtones, c'est un système nouveau qui est un type de contrat passé entre un propriétaire de terres et un travailleur migrant. Le contrat qui les lie indique une clause qui stipule que le détenteur foncier met à la disposition du travailleur (le demandeur), un certain nombre d'hectares qu'il se charge de mettre en valeur sur une période bien déterminée. Généralement, l'année du défrichage de la parcelle n'est pas prise en compte, mais le contrat prend effet plutôt l'année de mise en terre effective des plants. Cette période s'étend de la première année de planting à l'année d'entrée en production des cultures. Elle est fixée entre 0 et 5 ans pour le café et le cacao, 0 et 7 ans pour l'hévéa, et enfin de 0 et 5 ou 6 ans pour le palmier à huile.

À la fin des travaux, un partage des parcelles réalisées entre le propriétaire terrien et le travailleur est fait en fonction du contenu des clauses du contrat qui les lie. Cependant, ce type d'accès à la terre est conditionné par le versement de la part du demandeur, des droits coutumiers qui s'élèvent à 25 000 F CFA auxquels s'ajoutent un casier de grosses bières ou de 66 cl et une bouteille de liqueur qui serviront à faire des libations à l'endroit des ancêtres. En outre, il paie au propriétaire terrien, une somme de 50 000 F CFA par hectare faisant office de droits de caution. Ce n'est après s'être acquitté de toutes ces charges, qu'il peut maintenant entamer les travaux. Le contrat du système « planter-partager » est acté par la signature du chef du village (qui en constitue la caution morale) et celle des contractants et de leurs témoins.

Ce qu'il convient par ailleurs de noter, c'est que si à la fin de la période indiquée dans les clauses du contrat, la plantation n'a pas été créée par le fait du travailleur, une rallonge exceptionnelle de 3 à 4 ans lui est accordée à sa demande, mais elle n'est pas obligatoire. En définitive, si au bout de ce nouveau délai, la plantation n'est toujours pas créée, tout simplement, le contrat est rompu et consacre de facto une cessation immédiate d'activités de la part du requérant. Les parcelles sont rétrocédées au propriétaire terrien. Le travailleur perd alors les montants et présents engagés; ils lui ne sont pas remboursés. Par contre, pour diverses raisons si c'est le propriétaire terrien qui décide unilatéralement de mettre fin au contrat avant termes, dans ce cas de figure, il rembourse intégralement au travailleur toutes ses dépenses engagées (les montants et les présents), et en plus, lui accorde une compensation financière de 50 000 F CFA/hectare (la valeur de la caution) en guise de dommages et intérêts. Généralement conscients des risques de perdre leurs biens, les travailleurs s'efforcent à réussir la mise en place des plantations.

En réalité, le système « planter-partager » n'est pas un contrat de cession définitif de la terre. Le travailleur n'accède pas définitivement à la propriété foncière, mais temporairement. La durée d'exploitation de la terre s'étend sur une très longue période allant de 25 à 35 ans. On suppose que durant cette période, l'acquéreur aura eu le temps de rentabiliser ses efforts. Seulement la cession de la terre porte sur l'exploitation des cultures pérennes qu'il a eues à planter et dont les revenus sont à son unique profit. À l'échéance de la durée d'exploitation du champ, le requérant cède les terres à ses propriétaires après avoir bénéficié de ses durs labeurs. Il revient alors aux propriétaires terriens d'en disposer comme bon leur semble. Dans les villages, les propriétaires terriens privilégient ce mode de cession de la terre aux étrangers (migrants) parce qu'ils estiment qu'ils ont l'avantage de gagner doublement. D'une part, ils deviennent propriétaires d'une ou des plantation (s) sans avoir fourni des efforts et d'autre part, ils ne perdent pas définitivement leurs terres au profit du travailleur.

La location de terres est un système qui n'est pas beaucoup trop pratiqué dans les spéculations foncières dans les villages d'étude, seulement 7%, parce qu'il y a de moins en moins de terres agricoles disponibles dans le paysage agraire paysan. C'est un contrat de cession temporaire des terres cultivables aux migrants dans les villages. La durée de cession porte sur la période des cultures à courtes saisons agricoles: ce sont les cultures vivrières destinées à l'autoconsommation tels que le riz, le maïs, le manioc, la banane plantain, etc. et les cultures légumières à savoir le piment, les aubergines, le gombo, etc. La durée de semence, de production et de cueillette n'excède pas généralement six mois. Les terres qui sont l'objet de location sont les bas-fonds considérés par les autochtones comme des lieux insalubres et susceptibles de compromettre la virilité des hommes (J. P. Assi-Kaudjhis, 2011, p. 11), mais aussi, les reclus forestiers et les anciennes parcelles laissées en jachères depuis seulement 3 ans. Les montants de location de la terre sont compris entre 20 000 et 50 000 F CFA pour un hectare dans l'ensemble des villages enquêtés. Ce contrat peut être renouvelé autant de fois entre le propriétaire terrien et le demandeur en cas de besoin.

Enfin, en ce qui concerne la mise en gage des terres, c'est une pratique qui est très peu courante dans les villages. Elle ne concerne que seulement 2% des terres cédées temporairement aux demandeurs. Ce type de cession foncière porte sur les plantations déjà en production (plantations de café, de cacao, d'hévéa ou de palmier à huile). En effet, pour diverses raisons, le propriétaire décide de céder à un demandeur (autochtone ou migrant) contre une forte somme d'argent, une partie ou l'entièreté de son/ses plantation (s) déjà en production pour une exploitation temporaire. La durée de cession d'exploitation est généralement comprise entre 3 et 5 ans d'exploitation au maximum. Le montant location d'un hectare varie entre 500 000 F CFA et 1 000 000 de F CFA en fonction de la rentabilité annuelle de la plantation. Le preneur accepte cette offre s'il est convaincu que durant cette période, il sera en mesure de faire des bénéfices sur ses investissements. Les enquêtes ont révélé que rarement la cession de la plantation dépasse 3 hectares. Une fois le contrat de cession est conclu, il revient au nouvel acquéreur d'entretenir ladite plantation afin de la rendre plus productive. Tout type de transaction foncière se fait sous les auspices des chefs de village qui apposent, tout comme les contractants et leurs témoins, leurs signatures au bas du document faisant office de contrat de cession foncière temporaire ou définitive.

Dans les villages, la vente illicite des terres agricoles et les empiètements sur les parcelles des autres agriculteurs sans leur consentement, mais aussi la récrimination des jeunes relatives aux difficultés d'accès aux terres agricoles, constitue les principales causes des crises foncières qui rythment les rapports intercommunautaires dans les villages à Lakota.

3.1.2 DES CONFLITS FONCIERS À L'ÉPREUVE DE LA COHABITATION SOCIALE: CRISES LIÉES À LA VENTE DES TERRES, AUX EMPIÈTEMENTS ET AUX MÉCONTENTEMENTS DES JEUNES

Depuis ces trois dernières décennies à Lakota, le rapport de l'homme à la terre est devenu confligène. En effet, les conflits fonciers constituent un facteur de dégradation de la cohésion sociale dans les villages; d'une part entre les autochtones (dans le cadre des litiges fonciers intrafamiliaux, des litiges entre voisins partageant les limites des champs, etc.) et d'autre part, entre autochtones et migrants (conflits relatifs à la vente illégale des terres et aux contestations des héritiers des propriétaires terriens). Au total, 1 096 cas de crises foncières ont été identifiés dans l'ensemble des villages enquêtés (*Tableau 2*). Les données contenues dans ce tableau sont issues du recoupement des informations collectées auprès des chefs de village et de

famille propriétaires terriens, des chefs des communautés non autochtones et des services administratifs de la ville de Lakota (Direction de l'agriculture, la gendarmerie et la justice). Ces données couvrent la période de 2000 à 2022.

Tableau 2. *Nombre de cas de conflits fonciers répertoriés dans les villages d'étude, de 2000 à 2022*

Villages enquêtés	Nombre de cas de conflits	Crises foncières découlant des difficultés des jeunes à accéder à la terre	%	Ventes	%	Empiètements	%
Krikpoko	121	05	4	105	87	11	9
Brihiri	98	03	3	67	68	28	29
Kadéko	133	02	2	110	83	21	16
Bogoboua	92	04	4	71	77	17	19
Grogouya	85	05	6	65	76	15	18
Grand-Déboua	62	02	3	55	89	05	8
Ikakoulilié	76	01	1	62	82	13	17
Djidjé Sud	87	05	6	58	67	24	27
Niazaroko	118	05	4	91	77	22	19
Niakoblognoa	129	03	2	102	79	24	19
Godélilié 1	95	02	2	81	85	12	13
Total	1 096	37	3	867	79	192	18

Source: Enquêtes de terrain, 2022

Les données du tableau révèlent un total de 1 096 cas de conflits fonciers enregistrés dans l'ensemble des villages enquêtés. On rencontre trois types de conflits qui sont les plus en vue, à savoir: des cas de crises consécutives aux difficultés d'insertion socio-économiques des jeunes par l'accès à la terre (37 cas, soit 3%), celles relatives à la vente de terres (867 cas, soit 79%) et les conflits inhérents aux cas des empiètements sur les parcelles de terres des voisins (192 cas, soit 18%). Le taux élevé des crises relatives de la vente des terres (79%) résulte de la volonté accrue des chefs terriens de marchander leurs terres pour en tirer des profits pécuniaires. Ils justifient cet acte par leur envie de se sortir du marasme économique qui dégrade depuis de nombreuses décennies leurs conditions de vie. Pour eux, c'est à leur corps défendant qu'ils vendent leurs terres pour faire face à certaines charges cruciales auxquelles ils sont confrontés. Ces charges se résument entre autres, aux dépenses liées à l'organisation des funérailles des proches décédés, à la scolarisation des enfants, aux soins médicaux de la famille, à la paye de la dot de leurs fils en âge de se marier, à la construction d'un logement en dur, à l'achat de différents biens de consommation domestique, etc.

Apparemment, vendre sa terre à une tierce personne ne devrait pas en principe constituer un facteur de conflits s'il est avéré que le vendeur en est le propriétaire coutumier. Puisque que le domaine foncier rural est régi en Côte d'Ivoire par la loi no 98-750 du 23 décembre 1998 qui reconnaît aux autochtones les droits coutumiers sur les terres du domaine foncier rural. Mais là où la cession foncière devient conflictuelle, c'est lorsque la terre est frauduleusement vendue sans l'aval des détenteurs du pouvoir foncier traditionnel ou tout simplement du propriétaire légitime de ladite terre. À la vérité, dans la plupart des cas, les terres qui sont marchandées n'appartiennent pas en propre à ceux qui les vendent. Elles appartiennent soit à la famille pour laquelle le chef de famille n'a pas donné sa caution à l'acte de vente, soit à un oncle décédé sans l'accord de ses enfants biologiques. Le conflit foncier naît ainsi dès lors que le/les propriétaire (s) de la terre vendue s'oppose (nt) à l'acte de vente. Et dans la plupart des cas, les victimes sont les étrangers (populations non autochtones) à la recherche de terres agricoles, qui, peut-être par ignorance ou par manque de vigilance, ne prennent pas toutes les précautions nécessaires pour acheter des terres cultivables.

Ce fut le cas de O. S. Issouf, un Burkinabé arrivé dans le village de Kadéko dans la sous-préfecture de Gagoré. En effet, se disant victime d'une escroquerie de la part d'un jeune du village, il nous a raconté son histoire en ces termes:

« Lorsque je suis arrivé dans ce village en 2010, j'étais à la recherche d'une terre agricole que je voulais acheter. J'ai approché plusieurs personnes sans succès parce que les prix de l'hectare qu'on me fixait était trop élevé: entre 450 000 et 500 000 F CFA. C'est ainsi qu'un jeune du nom de T. G. Ernest m'a approché en me proposant de me vendre trois hectares de forêt à raison de 250 000 F CFA l'hectare au lieu de 350 000 F CFA qu'on me proposait. Il m'a rassuré que ce sont les terres que lui avait léguées son grand-père de son vivant et que c'est lui qui est maintenant le chef de famille. Il voulait d'abord me montrer ladite forêt avant que je ne me décide de l'acheter. Sans douter de lui, accompagnés de deux autres jeunes et un de

mes compatriotes (nos témoins), nous sommes allés sur environ trois kilomètres du village où se trouvait la forêt à me vendre. Nous avons pénétré à l'intérieur d'une immense forêt et nous sommes sortis sur un ruisseau qui selon lui est la limite avec les voisins. J'en étais tellement heureux que je lui ai, en même temps remis l'argent sur place devant ses amis et mon compatriote, soit 750 000 F CFA, tout en me promettant de rédiger un contrat d'achat que je devais signer dès le retour des champs; ce qui fut fait.

C'est alors que j'ai commencé à mettre en valeur cette forêt quand, un an plus tard, un monsieur accompagné de sa femme et son fils aîné, m'a apostrophé en me demandant de quel droit je nettoiais sa forêt et qui m'en avait donné l'autorisation. Etonné, je lui raconte comment j'acquis la partie que j'ai défrichée. Il m'intima l'ordre d'arrêter immédiatement si je ne voulais pas des histoires avec un air très menaçant. Pris de peur, je me rentre au village pour rendre compte au jeune qui m'a vendu la forêt. Mais, quelle ne fut ma surprise ! On me fait comprendre qu'il a quitté le village depuis plusieurs mois pour Abidjan. Également, les deux jeunes témoins lors de la remise de mon argent n'étaient non plus dans le village. Je porte alors l'affaire devant le chef du village qui me fait comprendre qu'il n'est pas au courant de ma transaction foncière avec le jeune en question, donc il ne pouvait pas traiter cette affaire. Le chef et ses notables m'intimèrent l'ordre de quitter la terre et d'aller me plaindre où je pouvais pour contraindre le jeune à me rembourser. Je voulus saisir la gendarmerie par une plainte, mais je compris que je n'aurais pas non plus eu gain de cause. C'est donc à mon corps défendant que je me résous de surseoir cette affaire, en attendant qu'un jour, le jeune et ses complices ne reviennent dans le village pour leur réclamer mon argent. C'est ce jour-là que je me vengerai si je ne rentre pas en possession de mon argent. Toutes mes économies ont été anéanties par ma naïveté et mon imprudence. Je suis devenu plus pauvre qu'avant. Sans terres agricoles, je suis obligé de faire des contrats annuels "aboussan" dans les plantations d'autres planteurs pour survivre économiquement avec ma famille ».

Cette histoire est l'une de nombreuses autres qui nous ont été racontées au cours de l'enquête de terrain. Elle dénote de l'ampleur des crises foncières qui crispent les rapports entre les autochtones et les étrangers habitant dans les villages. Les tensions autour des transactions foncières fragilisent dangereusement la cohésion sociale dans le département de Lakota. Le cas le plus dramatique relatif à la vente de terres s'est déroulé dans le village du Grand-Déboua dans la sous-préfecture de Lakota en 2012.

En effet, un fonctionnaire à la retraite venu vivre dans son village, a été abattu à bout portant dans sa cour avec un fusil calibre 12, à la faveur de l'obscurité, par un planteur Lobi. Les faits. Le Lobi a été chassé des parcelles qu'il avait mises en valeurs en l'absence du vrai propriétaire qui se trouve être un fonctionnaire du village à la retraite. Étant absent du village durant de nombreuses années pour des motifs professionnels, il décide de prendre une retraite paisible dans son village où il souhaite mettre en valeur ses parcelles de forêt en cultures pérennes (hévée et palmier à huile). Mais durant son absence et à son insu, son cousin (le fils de son oncle paternel) a déjà vendu les terres à un Lobi qui y a cultivé du cacao depuis environ quatre ans. Dès son retour, constatant les faits, il entreprend des démarches auprès du chef de famille et du village qui convoquent à la fois le Lobi et le cousin vendeur pour que ses terres lui soient restituées. L'affaire jugée est tranchée en faveur du propriétaire. On intime ainsi l'ordre au cousin de rembourser intégralement le montant perçu du Lobi et de lui payer des dommages et intérêts en guise du travail fait durant cette période. On somme également le Lobi de quitter les terres. Mais, le cousin refuse et pousse le Lobi à ne pas se plier aux injonctions des chefs traditionnels. Des altercations éclatent alors entre le fonctionnaire retraité et les deux mis en cause (cousin et Lobi) qui forment une coalition contre lui. Et contre toute attente, à la nuit tombée, le Lobi s'empare d'un fusil et tue à bout portant le fonctionnaire et prend la fuite. Mais une recherche de la gendarmerie a permis d'appréhender le meurtrier ainsi que le cousin, pour répondre de leurs actes ignominieux devant la justice.

Depuis ces trois dernières décennies, si la vente illégale des terres constitue le nœud gordien de la majorité des conflits fonciers graves enregistrés dans le département de Lakota, on note aussi que l'absence de titres fonciers sur les terres du domaine rural marquant la propriété foncière, est à l'origine de nombreux conflits intercommunautaires. C'est le cas par exemple de la sous-préfecture de Gagoré où l'on enregistre un nombre élevé des conflits fonciers relatifs à l'absence de titre foncier sur les terres rurales. En effet, selon le Sous-préfet de ladite localité, monsieur Yapi Yapi, entre le 31 janvier et 31 décembre 2014, sur un ensemble de 109 conflits fonciers répertoriés, 85 (soit 78%) sont relatifs au manque de titres fonciers sur les terres litigieuses. Pour lui, la cause principale résulte du fait que les transactions menées par les migrants (agriculteurs non autochtones) avec les autorités coutumières détentrices de terre ne se font pas sur la base de documents officiels ou légaux. Et leur contestation par les ayant-droits des uns et des autres, constitue dans la plupart des cas, un facteur important de la survenance des crises foncières dans les villages.

C'est pour remédier à cette situation que le Bureau des Affaires civiles de l'Opération des Nations Unies en Côte d'Ivoire (ONU CI) a entrepris d'accompagner le Sous-préfet dans l'organisation d'un atelier d'échanges et de formation à l'intention des

populations de Gagoré, les 17 et 18 juin 2015, autour du thème « *De la loi foncière à la gestion et la prévention des conflits intercommunautaires à Gagoré* ». Plus d'une centaine de délégués des villages et des campements de Gagoré ainsi que des chefs de village, des chefs de communauté, des leaders d'associations de femmes et de jeunes, ont pris part à cet atelier. Au total, cinq communications au programme ont instruit les participants sur le rôle des chefs de village, la loi sur le foncier rural, la gestion et prévention des conflits, la contribution et les engagements des jeunes à la cohésion sociale et la préservation d'un environnement électoral apaisé en 2015.

Ailleurs, dans la sous-préfecture de Zikisso, selon l'organe de presse en ligne dénommé KOACI, sous la plume de Jean Chrésus qui cite des sources villageoises, c'est le village de Bogoboua qui a été également le théâtre d'affrontement meurtrier en lien avec le titre foncier, entre les autochtones Dida et les allogènes Lobi, le jeudi 02 février 2021. Au centre de cette histoire, une affaire de titre foncier qui opposait deux jeunes du village (autochtone Dida et allogène Lobi). Ce qui a mis le feu aux poudres, c'est lorsque le jeune Lobi opposé au jeune Dida, n'étant pas satisfait de la résolution de l'affaire portant sur le partage des parcelles de terre plantées en cacao dans le cadre d'un contrat du travail « planter-partager », s'est rendu dans le champ avec ses amis pour s'attaquer au jeune Dida, en l'abattant avec un fusil calibre 12 avant de prendre la fuite. En réaction à ce meurtre prémédité, les jeunes Dida en colère s'attaquent violemment aux Lobi faisant de nombreux blessés graves et de dégâts matériels importants se traduisant par l'incendie des maisons et de plantations appartenant aux Lobi, mais aussi, par la fuite de nombreux étrangers dans les villages voisins, craignant pour leur sécurité. Ce fut une situation inquiétante dans ce village où les autorités admiratives, avec à leur tête le Sous-préfet, accompagné de la brigade de la gendarmerie de Lakota et de Zikisso, ont pu ramener le calme et la confiance réciproque entre les autochtones et les non autochtones qui vivent désormais en bonne entente. Le jeune Lobi et ses complices ont été arrêtés par la brigade de la gendarmerie pour répondre de leurs actes devant la juridiction de Lakota.

Tous ces faits ont été confirmés par les témoignages recueillis auprès des populations au cours des enquêtes. Ils dénotent de l'ampleur des conflits fonciers qui se déroulent dans le département de Lakota depuis ces trois dernières décennies. Cependant, plusieurs instances sont sollicitées par les agriculteurs comme voies de recours pour la résolution des crises foncières auxquelles ils sont confrontés dans les villages.

4 INSTANCES DE RÉOLUTION DES CRISES FONCIÈRES DANS LES VILLAGES

Les autorités coutumières et administratives, et les comités de Gestion Foncière Rurale (C.G.F.R) constituent les instances de résolution des conflits fonciers dans les villages du département de Lakota.

4.1 AU NIVEAU DES AUTORITÉS COUTUMIÈRES ET ADMINISTRATIVES

À Lakota, l'ampleur des crises foncières enregistrées dans les villages est importante. Pour leur règlement, les acteurs en conflits fonciers ont recours à plusieurs instances qui sont les autorités coutumières (les chefs de terre, de famille et les notables) et administratives (la Direction Départementale de l'agriculture, la gendarmerie et la justice) (*figure 3*). Les données qui ont servi à la réalisation de cette figure sont issues du recoupement des informations collectées auprès de ces instances et d'enquête de terrain de 2018 et 2022. Elles reposent aussi sur les rapports du Service du Cadastre Rural (SCR) de Lakota sur la période allant de 1980 à 2012. Ces instances sont sollicitées lorsque survient un conflit foncier entre les agriculteurs, et ce, en vue de trouver une solution favorable et acceptable pour les parties en conflits.

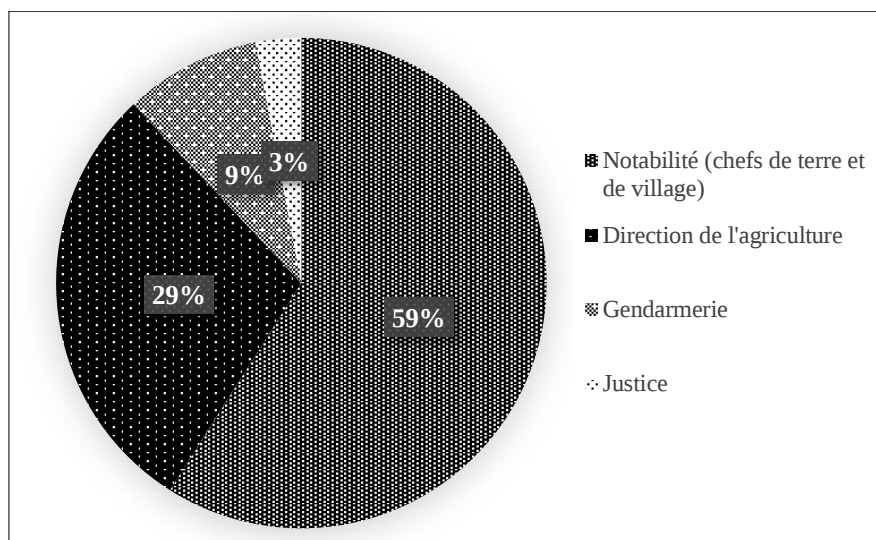


Fig. 3. Les instances de règlements des crises foncières manifestées dans les localités d'étude

Source: Service du Cadastre Rural (SCR), 1980-2012 et enquêtes de terrain, 2018 et 2022

Comme le montre cette figure, plus de la majorité des conflits fonciers (59%) sont résolus au niveau des chefs de terres, de villages et des notables. Autorités coutumières, ils sont la première interface de la résolution des conflits fonciers dans les villages. En tant que propriétaires terriens et gardiens des us et coutumes, ils connaissent mieux que quiconque, les usages coutumiers en matière de cession foncière et les dispositions naturelles des parcelles de forêts réparties entre les familles lignagères depuis des siècles. Ainsi, lorsqu'un litige foncier éclate entre deux ou plusieurs individus, ces derniers sont aussitôt saisis pour juger et trancher le différend. Pour ce faire, ils se rendent sur la parcelle incriminée pour rétablir la réalité des faits. Généralement, une solution à l'amiable et apaisée est trouvée avec une issue heureuse à la crise entre les parties en conflits.

Cependant, lorsqu'une des parties prenantes au conflit n'est pas satisfaite ou se sent lésée dans la décision prise par la notabilité, elle porte l'affaire, si non lui semble, au niveau de la Direction de l'agriculture qui est l'interface entre les agriculteurs et l'État. En tant que structure administrative étatique, elle joue, tout comme la notabilité, un rôle d'arbitre dans la résolution des conflits fonciers (A. J.-F. Gbodjé, 2018, p.65). Pour apporter une réponse à la crise, elle envoie des agents contestataires qui s'appuient sur les chefs de terre, de famille et les notables. Ceux-ci, après constat, procèdent à faire un nouvel tracé des limites des parcelles. À la suite de cette procédure, un certificat d'exploitation est délivré, mais ne tient pas lieu de titre foncier (A. J.-F. Gbodjé, 2018, p. 71). Ce certificat donne lieu tout simplement à une reconnaissance des droits d'exploitation à l'usager de la terre. Mais compte tenu des coûts onéreux des démarches liées à l'obtention de ce document, les paysans s'y intéressent peu à cause de leurs conditions de vulnérabilité économique. Cependant, les agents de la Direction de l'agriculture continuent de sensibiliser les paysans sur l'importance de l'immatriculation de leurs plantations et de leurs terres afin d'éviter les litiges fonciers pouvant déboucher sur des conflits intercommunautaires graves comme c'est le cas aujourd'hui dans les villages. Malgré ces sensibilisations, on note un faible nombre de terres immatriculées dans l'ensemble du département de Lakota. Pour preuve, on dénombrait jusqu'en 2014, seulement que 52 certificats de plantation dans tout le département de Lakota, selon les données de la Direction de l'agriculture. Jusqu'à ce jour, aucune autre statistique en termes de la hausse du nombre de certificats délivrés n'est encore disponible. Dans les villages enquêtés, aucun agriculteur ne détient ni de certificat de plantation ou d'exploitation, ni de certificat d'immatriculation de ses plantations ou de ses terres à cause des difficultés financières évoquées plus haut. C'est pour cette raison qu'unaniment, les paysans dans les villages interpellent et sollicitent les autorités étatiques de faciliter et de prendre en charge les frais de l'opérations d'immatriculation des terres du domaine foncier rural. Mais rien n'y fait. Et pourtant, les crises foncières qui se soldent parfois par des pertes en vies humaines et de destruction des biens matériels dans les villages ne sont pas prêtes de s'estomper du fait que les terres villageoises ne sont pas immatriculées. Alors que l'immatriculation confère à un individu, le droit de propriété foncière sur la terre qu'il occupe (J.-P. Chauveau, 2000). Dans les villages, si de jure, l'État est le seul propriétaire foncier en Côte d'Ivoire, de facto les populations autochtones sont aussi des propriétaires fonciers, et en tant que tels, ils exercent une autorité coutumière souveraine sur la terre, et par conséquent, ils en confèrent l'usage et la paternité à celui qui en fait la demande.

Après toutes les démarches antérieures, si d'autres estiment encore qu'ils ne sont pas satisfaits des décisions prises, ils choisissent de porter plainte à la gendarmerie contre l'une des parties prenantes au conflit foncier pour avoir gain de cause.

D'autres aussi, sans passer par ces instances, saisissent directement la gendarmerie. À la gendarmerie, les plaintes sont certes reçues et enregistrées, mais se trouvant incompétente pour juger et trancher l'affaire, elle renvoie toujours les plaignants, soit à l'autorité villageoise, soit à la Direction de l'agriculture (pour un constat d'usage) ou soit à la justice compétente pour trancher les litiges. Il faut noter que la gendarmerie n'intervient que lorsqu'un conflit foncier éclate et dégénère dans la communauté villageoise pour rétablir de l'ordre et la sécurité. Cependant, elle joue quelquefois un rôle de conseil et conciliation entre les différentes parties prenantes aux conflits fonciers dans les villages en leur indiquant les différentes voies de résolution pacifique. Selon les enquêtes auprès des paysans dans les villages, seulement 9% de conflits fonciers ont été portés à la gendarmerie depuis cette dernière décennie.

En dernier ressort, lorsque toutes les autres voies de recours sont épuisées, la gendarmerie transmet la plainte et le procès-verbal (PV) de constat de la Direction de l'agriculture à la justice afin de trancher définitivement l'affaire. La justice est l'instance "suprême" de recours finale de résolution d'un litige foncier opposant deux parties. Mais en général, les paysans ne recourent pas systématiquement et massivement à la justice parce qu'ils estiment que cette voie de résolution de leurs problèmes fonciers est lente et coûteuse. Ainsi dans les villages enquêtés, seulement 3% de conflits fonciers ont été portés devant le justice.

En Côte d'Ivoire, pour mettre un terme au disfonctionnement des structures agraires en milieu rural, l'État a jugé utile de mettre sur pied, dans toutes les sous-préfectures du pays, des structures de gestion foncière dénommées Comités de Gestion Foncière Rurale (C.G.F.R), pour accompagner les paysans à procéder à l'immatriculation de leurs terres comme un gage de propriété foncière. La mise en place de ces structures est aussi une forme de résolution des conflits fonciers dans les villages.

4.2 MISE EN PLACE DES COMITÉS DE GESTION FONCIÈRE RURALE (C.G.F.R): DES STRUCTURES ÉTATIQUES DE RÉOLUTION DES CONFLITS FONCIERS

En vue de régler le domaine foncier rural, source de nombreux conflits fonciers, l'État ivoirien a institué par le Décret n°99-593 du 13 octobre 1999, les Comités de Gestion Foncière Rurale (C.G.F.R). Ce décret donne obligation à chaque Préfet de département de créer par arrêté, dans chaque sous-préfecture, un Comité de Gestion Foncière Rurale dénommé « le Comité ». Il est présidé par le Sous-préfet et comprend un représentant du Ministère d'État, Ministère de l'Agriculture et des Ressources Animales, un représentant du Ministère de l'Environnement et de la Forêt, un représentant du Ministère du Logement et de l'Urbanisme, un représentant du Ministère des Infrastructures Economiques, un représentant du service du Cadastre et six représentants des communautés rurales, des villages et des Autorités coutumières désignés sur proposition des populations pour une durée de trois ans renouvelable. Ces personnalités ont une voix délibérative. À celles-ci s'ajoutent d'autres personnes ressources ayant une voix consultative. Il s'agit d'un gestionnaire du Plan Foncier Rural partout où ce projet a été réalisé ou est en cours de réalisation, des personnes concernées par les questions devant faire l'objet des délibérations du Comité, notamment des représentants des Comités Villageois tels que prévus à l'article 5 et toute personne utile à la bonne fin des travaux du Comité. Il faut noter que selon l'article 5, le Sous-Préfet crée des Comités Villageois de Gestion Foncière Rurale pour l'étude de tous les dossiers concernant leurs terroirs. Les chefs de terres sont obligatoirement membres des Comités Villageois.

Le Comité joue donc un rôle éminemment important dans le traitement des questions foncières dans les Sous-préfectures du pays. En effet, il est l'organe de gestion foncière rurale. À ce titre, il délibère obligatoirement sous forme d'avis conformes sur la validation des enquêtes officielles de constat de droits fonciers coutumiers, les oppositions ou réclamations survenant au cours des procédures d'immatriculation des terres du domaine Foncier Rural concédé, les conflits non résolus au cours des enquêtes foncières, les demandes de cession de droits fonciers coutumiers, l'implantation des opérations de reboisement, l'implantation des projets d'urbanisation. Outre la délibération obligatoire, le C.G.F.R donne des avis simples sur les implications foncières des différents projets de développement rural. Il peut aussi être saisi pour avis simple par les Autorités compétentes, de toute question relative au Domaine Foncier Rural. Il prend l'initiative d'étudier toute question relevant de sa compétence aux fins de propositions aux Autorités compétentes. Il est obligatoirement informé de l'établissement des Certificats Fonciers et des actes de gestion les concernant.

Dans le département de Lakota, tout comme dans l'ensemble des localités ivoiriennes, la mise en place de ces « Comités » a suscité de nombreux espoirs tant chez les paysans que chez les autorités administratives, parce qu'il était question de régler, une fois pour toute, toutes les questions inhérentes à la gestions optimales des ressources foncières dans les villages. Mais le disfonctionnement de ces C.F.G.R ne leur ont pas permis pas d'atteindre les résultats escomptés, puisque de nombreux conflits fonciers demeurent encore manifestes dans le corps social. Selon les autorités préfectorales, les personnes commises pour siéger au sein de ces comités en qualité de membres ne sont pas motivées parce qu'elles estiment qu'elles ne sont pas rémunérées, surtout les délégués des communautés villageoises. Elles ne participent aux rencontres de prises de décisions, surtout qu'il faut payer le transport pour se rendre soit en ville, soit sur le lieu des conflits fonciers. Toutes choses qui fragilisent

les actions et/ou les missions des C.F.G.R sur le terrain. Dans les villages, les paysans dans leur ensemble, ne perçoivent pas bien les démarches des C.G.F.R sur le terrain. Ils disent même ignorer leur existence.

La problématique des conflits fonciers doit être réglée avec beaucoup de délicatesse par les autorités étatiques dans la mesure elle demeure une question très fragile, qui, si on n'y prend garde, risque de compromettre gravement la paix sociale dans les villages, non seulement à Lakota, mais aussi, dans l'ensemble des régions du pays, puisque la question relative aux conflits fonciers doit être traitée à l'échelle nationale.

5 DISCUSSION

Cette recherche a analysé les déterminants des conflits fonciers dans le département de Lakota. C'est une contribution à l'étude de la problématique générale des questions relatives aux conflits fonciers qui ont cours dans de nombreuses régions de la Côte d'Ivoire, notamment, dans la région sud forestière prédestinée aux cultures de rente comme le café, le cacao, l'hévéa, etc. Les dispositions naturelles, l'abondance de terres agricoles et l'hospitalité des populations autochtones ont fait du département de Lakota, l'une des destinations privilégiées pour de nombreux agriculteurs venus de toutes les contrées du pays et des pays limitrophes. La pression sur les ressources foncières ne se fait pas sans conséquences. Elle engendre de nombreux conflits fonciers découlant de différentes cessions foncières dont nous avons fait cas dans cette étude. La manifestation de ces crises foncières a pris des proportions inquiétantes ces dernières décennies et a considérablement dégradé les rapports intercommunautaires dans les villages. Et pourtant, cette région était jusqu'à récemment épargnée des crises foncières majeures.

En effet depuis des siècles, les Dida ont toujours accordé un grand respect à la terre, à la limite, ils la vénèrent parce qu'elle est considérée comme « leur mère nourricière ». Elle constitue l'épicentre de leur existence. Ils y pratiquaient la casse, la cueillette et la cultivaient pour se nourrir. Ainsi, ils protégeaient la terre, leur patrimoine foncier comme « la prunelle de leurs yeux » tellement ils y attachaient de la valeur et pouvaient même la défendre aux prix de leur vie (A. S. Gbodjé, 2005, p.125). Cependant, les conflits fonciers sur les terres étaient rares. Même s'ils se produisaient, le différend était rapidement résolu à l'amiable aux pieds des chefs de terres et de famille. La marchandisation de la terre était prohibée, parce que la terre était sacrée; c'était le lieu d'habitation des génies et/ou des âmes de leurs aïeux protecteurs et bienfaiteurs. Pour eux, vendre la terre équivalait à profaner leurs demeures et à les renier. C'est pour cela qu'avant le début de tous travaux champêtres (par exemple pour couper une portion de forêt aux fins de produire des denrées alimentaires), ils étaient honorés. Le chef de terre ou de famille prononçait des paroles secrètes à l'endroit de ces êtres invisibles tout en versant sur le sol, de la nourriture et du vin de palme (boisson traditionnelle extraite du palmier à huile) pour leur demander la permission et la bénédiction afin que la production soit abondante.

Ainsi, pour garder une mainmise sur la terre en vue de respecter les principes sacrés, la cession foncière se fait au sein de la famille lignagère. Les chefs de terres ou de famille, en tant que garants et gestionnaires traditionnels du patrimoine foncier familial étaient les seules autorités à conférer les droits d'usage des terres aux hommes de la famille en âge de se marier pour subvenir aux besoins de leur foyer (J. Godi, 2021, p.55). Mais, il y avait aussi une possibilité d'attribuer une parcelle de terre à une tierce personne non membre du lignage qui en faisait une simple demande (A. J.-F. Gbodjé, 2018, p.86). Le demandeur (homme ou femme) venait nuitamment ou au levée du jour voir simplement le propriétaire terrien pour lui formuler sa requête qui était aussitôt acceptée sans aucun préjugé, ni de considération sexiste. Cette cession foncière est temporaire et non exclusive. Elle dure le temps de la période des cultures saisonnières. L'utilisateur ne pouvait donc exploiter la terre que pour y cultiver essentiellement que des denrées alimentaires, car à la fin de la récolte, la terre revenait aussitôt au propriétaire foncier. Cette pratique foncière consistait pour le propriétaire de garder toujours une mainmise sur ses terres; il les préservait ainsi des prédatations. Il était formellement interdit à l'usufruitier d'y cultiver des cultures pérennes, puisqu'en pays dida comme ailleurs dans les autres traditions ivoiriennes, planter un arbre sur une parcelle de terre est perçu comme « un marqueur de propriété foncière » (J. J. Y. Koffi, 2008, p.182). Selon l'un des chefs de terres enquêtés à Grogouya, si la terre n'est pas litigieuse, les arbres qui y sont plantés confèrent à l'exploitant un droit de propriété coutumière.

À Lakota, les risques de conflits fonciers étaient minimes et la cohabitation intercommunautaire était plus saine, parce que la cession foncière se faisait sur la base de confiance et le respect des engagements pris envers les uns et les autres. La cession gracieuse définitive de la terre à un étranger se faisait sur la base des services rendus par celui-ci à la famille détentrice de la terre. Ce fut le cas de O. Sawadogo, qui depuis son jeune âge s'est mis au service de la famille de B. Gnétou dans le village de Brihiri dans la sous-préfecture de Djidji. En guise de reconnaissance, le chef de famille lui a octroyé gracieusement trois (03) hectares qu'il a cultivés en cacao-culture. Ce dernier se considère même membre de cette famille car il y a intégré pleinement. C'est ce genre de rapport intercommunautaire empreint de fraternité qui a prévalu depuis de nombreuses années en matière de gestion des ressources foncières dans le département de Lakota. Mais ces trois dernières décennies, on a remarqué que dans les villages la terre est devenue l'objet de conflits incessants, parfois meurtriers du fait de sa convoitise, tant par les

autochtones eux-mêmes que par les étrangers (agriculteurs non autochtones) enquêtes de nouvelles terres agricoles, surtout pour la culture du café-cacao, deux cultures économiquement valorisées depuis l'époque coloniale en Côte d'Ivoire (J. K. Kouassi, 2017, p.66). À Lakota, les conflits se sont exacerbés surtout lorsque les propriétaires terriens (vieux, adultes ou jeunes) ont vu dans la marchandisation de leurs terres (terres qu'ils bradent à vil prix leurs terres aux étrangers), une opportunité de gagner de l'argent plus facilement en se rendant compte que la demande d'acquisition des terres agricoles par les migrants s'est décuplée (J. Godi, 2021, p.89). Les conflits découlent souvent des ventes illicites des terres, et ils opposent d'une part les autochtones aux autochtones et d'autre part, les autochtones aux migrants (agriculteurs non autochtones).

La vente illicite de terres est devenue un problème majeur de crises foncières en Côte d'Ivoire. Pour J. K. Kouassi, (*op.cit.*), les conflits fonciers ruraux sont omniprésents dans l'ensemble des régions de la Côte d'Ivoire. Mais, particulièrement, ils se présentent avec acuité à l'ouest du pays, notamment dans les régions de Duékoué et de Man où ils ont atteint un pic lors de la crise sociopolitique qu'a connue le pays ces dernières années. Il explique le fondement de ces crises foncières découle notamment de la vente illégale des terres par les populations autochtones et l'installation irrégulière des étrangers sur les terres du domaine foncier rural. En effet, selon lui, avant la crise sociopolitique, les populations locales ont dans la plupart des cas, vendu leurs terres aux étrangers pour la culture du binôme café-cacao. Aujourd'hui, la hausse des prix des parcelles de terre et la prise de conscience par la nouvelle génération des risques liés à la vente illégale de ces portions de terre, poussent les jeunes à remettre en cause les contrats passés par leurs parents ou par leurs ancêtres. On assiste ainsi à des conflits violents qui ont lieu généralement dans l'ouest et dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire entre les autochtones et les allogènes (Ivoiriens venus d'autres régions et étrangers venus des pays voisins).

Parlant aussi des crises foncières, A. Babo, (2010, p.56), estime que c'est depuis le début des années 1990, que la Côte d'Ivoire connaît une détérioration de sa situation économique, politique et sociale. Pour lui, c'est dans le milieu rural que les crises sont plus marquées, entre autres, par des clivages entre communautés à propos de la terre, notamment dans les régions de l'ouest et du sud-ouest, où de nombreux conflits fonciers ont éclaté, d'abord entre nationaux, ensuite entre ces derniers et les étrangers. C'est selon lui, dans ce contexte qu'éclatent des affrontements dans la tribu Hongo à Tabou (sud-ouest) qui ont opposé les Kroumen aux Dagari et aux Lobi burkinabè en 1999. En citant Akindès et Béligné, 1998; Chauveau et Bobo, 2003, il souligne que lors de ce conflit, les autochtones, comme dans les conflits de même nature, ont développé des logiques de reconquête des terres, et que celles-ci s'inscrivaient dans la politique publique qui, à travers la loi relative au domaine foncier rural de 1998, avait établi un lien étroit entre l'identité de l'occupant de portion de terre et la nature de la propriété foncière (Dembélé, 2002). Il conclue pour dire que l'enjeu du conflit entre autochtones kroumen et allogènes burkinabés est devenu la (ré) appropriation de la terre sur fond de revendication nationaliste et que la logique agraire sous-jacente à ce conflit tend à montrer le rapport, sous la forme d'une instrumentalisation réciproque, entre ses dimensions sociale, économique et politique.

Comme le montre ces quelques exemples, les cas de conflits fonciers sont légions en Côte d'Ivoire. Mais, ils se manifestent avec acuité, surtout dans les zones forestières naturellement favorisée pour le développement de l'agriculture de plantation (café, cacao, hévéa, palmiers à huile, etc.). Dans ces zones, l'acquisition des terres agricoles sous diverses formes de cession entre les agriculteurs (autochtones/étrangers) dans les villages constituent le fondement des crises foncières. C'est une problématique qui est d'actualité nécessite une attention particulière de la part des autorités étatiques, car si on y prend garde, la paix sociale risque d'être compromise. Vu les dégâts matériels et humains causés lors de leurs manifestations, il urge que les autorités prennent des dispositions concrètes pour résoudre une fois pour toute, la question juridique de la terre en Côte d'Ivoire, de sorte que la loi foncière ne soit l'objet d'interprétation tendancieuse. Surtout, il faut mettre en adéquation les procédures d'acquisition des terres du domaine foncier rural selon la loi foncière moderne et coutumière dans les villages. De plus, une sensibilisation des élus locaux devait être accentuée aux autochtones afin de ne pas brader à vil prix leur patrimoine foncier et les encourager de le mettre en valeur pour leur propre profit et pour leur postérité.

6 CONCLUSION

La terre qui, autrefois inaliénable parce que sacrée en pays dida, est aujourd'hui l'objet de marchandisation et source de conflits permanente. Les différents modes de cessions foncières à titre gratuit qui régissaient les rapports intercommunautaires, sont désormais révolus. Et pour cause, la terre est de plus en plus convoitée par de nombreux agriculteurs migrants en quête de terres agricoles pour la production des cultures industrielles comme le café, cacao, hévéa et palmiers à huile, des cultures économiquement plus rentables pour les populations. D'une simple transmission de la terre à des usages domestiques pour les cultures d'autosubsistance, on est passé à un mode de transmission onéreuse. La valorisation marchande de la terre pousse les propriétaires terriens ou non, à brader leur patrimoine foncier contre le paiement d'une somme d'argent. La forte pression anthropique sur les ressources foncières entraîne des conflits fonciers découlant principalement des empiètements, de la vente illégale des terres et des crises générationnelles de succession patrimoniale

foncière dans les villages du département de Lakota. Mais pour la résolution de ces multiples crises foncières, les parties prenantes ont recours à l'autorité coutumières, administrative et judiciaire.

REFERENCES

- [1] AKA Alice Lamarche, 2015, L'héritage colonial de l'état civil en Côte d'Ivoire: les chroniques d'une défaillance annoncée», *Revue Africaine de Sciences Politique et Sociales (RASPOS)*, n° 4, pp 7-66.
- [2] ASSI-KAUDJHIS P. Joseph, 2011, Reconversion des bas-fonds et mutations agro-économiques et sociales en milieu rural forestier ivoirien, *Ann. Univ. De Lomé, Sér. Lett., Tome XXXI-1, Juin 2011*, pp. 111-125.
- [3] Article 8 de la loi n°98-750 du 23 décembre 1998 relative au domaine foncier rural, modifiée par la loi n°2004-412 du 14 août 2004, modifiée par la loi N° 2013-655 du 13 septembre 2013.
- [4] CHAUVEAU Jean-Pierre, 2000, La nouvelle loi sur le domaine foncier rural: formalisation des « droits coutumiers » et contexte socio- politique en milieu rural ivoirien, IRD, Septembre 2000, Montpellier.
- [5] DAGROU T., 2003, Comprendre le code foncier rural de la Côte d'Ivoire. Savoir plus, Abidjan, 102 p.
- [6] DATRO Obité Noël, 2020, Le conflit foncier entre les Guébié et les Lobi à Gnagbodougnoua (Gagnoa) en Côte d'Ivoire de 2000 à 2015», *Mande Studies*, Volume 22, 2020, 22 p.
<https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA665337924&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=15365506&p=AONE&sw=w&userGroupName=anon%7Ec111cad&consulted=13/12/2022>.
- [7] DEMBELE O., 2002, La construction économique et politique de la catégorie «étranger» en Côte d'Ivoire. In Le Pape M., Vidal C. (eds), *Côte d'Ivoire, l'année terrible 1999- 2000*, Paris, Karthala, p. 123-171.
- [8] GBODJE Jean-François Aristide, 2018, « *Développement de la cacao-culture et mutations socioéconomiques dans le département de Lakota (Sud-ouest ivoirien)* », Thèse de doctorat unique, UFR, Communication Milieu et Société, Université Alassane OUATTARA, 2018, 399 p.
- [9] GBODJE Sekré Alphonse, 2005, Evolution économique de Bouaké de 1858 à 1939, Thèse de doctorat, Université de Bouaké (actuelle Université Alassane OUATTARA), Tome 1 et 2.
- [10] GODI Jonas, 2022. « Pratiques agricoles et conflits fonciers dans le Département de Lakota », Mémoire de Master en Anthropologie, Université Félix Houphouët-Boigny, 75 p.
- [11] KOFFI Yao Jean Julius, 2008. Impacts écologique et socio-économique de la culture de l'anacarde dans la région du Zanzan (Nord-Est de la Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat unique de Géographie, IGT, Université de Cocody, 481 p.
- [12] KOUASSI K. J., 2017. Les conflits fonciers ruraux en Côte d'Ivoire. Les conflits liés à la vente illégale de terres du domaine foncier rural par les autochtones détenteurs de droits coutumiers sur ces terres. Dossier: Travaux des participants aux formations de Modus Operandi, Côte d'Ivoire, mars 2017,
[URL] http://www.irenees.net/bdf_fiche-analyse-1094_fr.html#:~:text=Les%20conflits%20fonciers%20ruraux%20sont,le%20pays%20ces%20derni%C3%A8res%20ann%C3%A9es. Consulté le 14/01/2023.
- [13] Loi n°98-750 du 23 décembre 1998 relative au domaine foncier rural, modifiée par la loi n°2004-412 du 14 août 2004, modifiée par la loi N° 2013-655 du 13 septembre 2013.

E-learning et universités marocaines: Cas de l'Université Al Akhawayn d'Ifrane

[E-learning and Moroccan universities: Case study of Al Akhawayn University in Ifrane]

Ouafae Benzina¹ and Wissal Chafik²

¹Professeure-Chercheure, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Université Moulay Ismail - Meknès, Morocco

²Étudiante à l'Université Al Akhawayn d'Ifrane, Morocco

Copyright © 2023 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 late December 2019, the Covid-19 virus was discovered in Wuhan, China, and then spread to all parts of the world, until a global pandemic was declared on March 11, 2020. In addition to disrupting the health situation in Morocco, the Covid-19 pandemic had a significant impact on all sectors from trade, agriculture, tourism to education, etc.

On March 20, 2020, the Moroccan government forced entire regions of the kingdom into mandatory lockdown due to the rising number of coronavirus cases. National lockdown has forced Moroccan universities to move from face-to-face to online teaching.

The objective of this contribution is to determine the extent to which higher education in Morocco successfully met the challenge of distance learning. In this regard, our research will focus on the analysis of Al Akhawayn University of Ifrane (AUI), as an example of distance learning, in Morocco, during the COVID-19 pandemic. AUI was chosen for the research because it is the only university in Morocco and Africa, to date, to be accredited for online education by the New England Commission for Higher Education (NECHE).

Thus, the research will evaluate the methods used by AUI, including online e-learning platforms (MS Teams, Turnitin.com, Jenzabar, etc.), as well as flipped learning, as a method of academic success in the midst of a health crisis. The research is based on data collected through surveys of a number of AUI students.

KEYWORDS: Al Akhawayn University, COVID-19, e-learning, flipped learning, higher education, Morocco.

RESUME: Fin décembre 2019, le virus Covid-19 a été découvert à Wuhan, en Chine, et s'est ensuite propagé dans le monde entier, jusqu'à ce qu'une pandémie mondiale a été déclarée le 11 mars 2020. En plus de troubler la situation sanitaire au Maroc, la pandémie de Covid-19 a eu un impact significatif sur tous les secteurs allant du commerce, de l'agriculture, du tourisme à l'éducation, etc.

Le 20 mars 2020, le gouvernement marocain a contraint toutes les régions du royaume à se mettre sous confinement obligatoire en raison de l'évolution du nombre de cas de contamination par le coronavirus. Le confinement national a forcé les universités marocaines à passer d'un enseignement en présentiel à un enseignement à distance.

L'objectif de cette contribution est de déterminer à quel point l'enseignement supérieur au Maroc a réussi le défi de l'enseignement à distance. A cet égard, notre recherche portera sur l'analyse de l'Université Al Akhawayn d'Ifrane (AUI), en tant qu'exemple de l'éducation à distance au Maroc durant la pandémie du COVID-19. Le choix de la recherche s'est porté sur l'AUI en particulier car, à ce jour, elle est la seule université au Maroc et en Afrique à être accréditée pour son enseignement en ligne, et ce par la New England Commission for Higher Education (NECHE).

Ainsi, la recherche visera-t-elle à évaluer les méthodes utilisées par l'AUI, notamment les plateformes en ligne de *e-learning* (MS Teams, Turnitin.com, Jenzabar, etc.), outre que l'apprentissage inversé, *flipped learning*, en tant que méthode de succès académique en pleine crise sanitaire. La recherche est basée sur des données recueillies à travers des sondages réalisés auprès de quelques étudiants de l'AUI.

MOTS-CLEFS: COVID-19, e-learning, enseignement supérieur, flipped learning, Maroc, Université Al Akhawayn.

1 INTRODUCTION

L'enseignement supérieur, à l'instar des autres secteurs, a été impacté par la pandémie mondiale du COVID-19. Professeurs et étudiants ont été forcés à opter pour l'éducation à distance afin d'assurer la continuité du cursus académique. De point de vue national, les universités marocaines ont elles-mêmes fourni un effort considérable pour assurer la transmission des connaissances, en passant du réel vers le virtuel.

L'objectif de cette contribution est de déterminer à quel point l'enseignement supérieur au Maroc a réussi le défi de l'éducation à distance. Cette présente recherche portera sur l'analyse de l'Université Al Akhawayn d'Ifrane (AUI), en tant qu'exemple de l'éducation à distance au Maroc durant la pandémie du COVID-19. Cette dernière, à partir du mois de février 2021, fut la seule université au continent Africain, à être accréditée par l'agence d'accréditation américaine, The New England Commission of Higher Education (NECHE) l'une des plus prestigieuses dans le monde, pour la qualité de son enseignement à distance (Senhaji, 2021). Ainsi, la recherche visera-t-elle à évaluer les méthodes utilisées par l'AUI, notamment les plateformes en ligne de *e-learning* (MS Teams, Turnitin.com, Jenzabar, etc.), outre que l'apprentissage inversé, *flipped learning*, en tant que méthode de succès académique en pleine crise sanitaire. La recherche est basée sur des données recueillies à travers des sondages réalisés auprès de quelques étudiants de l'AUI. L'étude porte sur un échantillonnage probabiliste; nous supposons que chaque étudiant a une chance aussi égale qu'un autre pour impacter les résultats de la recherche. Néanmoins, les questions posées, les réponses recueillies, ainsi que les données évaluées ne peuvent être généralisées sur toutes les universités du royaume car elles portent sur le cas spécifique de l'enseignement à distance à l'AUI pendant la crise sanitaire du COVID-19.

2 L'UNIVERSITÉ AL AKHAWAYN D'IFRANE ET CRISE SANITAIRE

2.1 PRÉSENTATION DE L'UNIVERSITÉ AL AKHAWAYN D'IFRANE

L'Université Al Akhawayn d'Ifrane a été fondée en 1993 par un décret royal de sa majesté feu le roi Hassan II (aui.ma, 2021). La mission de l'AUI s'articule autour de cinq aspects clés, comme le prévoit l'article 2 du décret royal: la promotion d'une approche multiforme de l'enseignement supérieur et l'offre de programmes de formation variés, adaptés à l'évolution des besoins et des connaissances, la promotion de la maîtrise et de l'utilisation des technologies, le lancement de programmes de recherche dans différents domaines à l'échelle nationale et internationale, la promotion de la formation continue et le partage des connaissances, ainsi que la participation à la formation des cadres de l'éducation (*Ibid.*).

L'Université Al Akhawayn est la seule université publique du Maroc gérée par une administration privée. En d'autres termes, bien que l'université soit publique, ses services sont privés et doivent être payés. Le décret royal de 1993 qualifie la gestion privée de l'université d'« autonomie financière » (*Ibid.*). Contrairement aux universités marocaines qui visent à former les étudiants dans un domaine spécifique au cours de leurs années d'apprentissage. L'AUI suit une approche multidimensionnelle auprès de l'éducation, à savoir le système d'arts libéraux (*Ibid.*).

Quoique généralement attribué au système éducatif américain, le système des arts libéraux trouve ses racines bien plus loin dans l'histoire (Fitzsimmons, 2016). Pour commencer, le système des arts libéraux peut être défini comme une approche pluridisciplinaire pour former les étudiants en suivant une éducation qui englobe des disciplines variées (*Ibid.*). En outre, le système est basé sur une approche centrée sur l'étudiant. Pour expliquer, l'étudiant est presque entièrement responsable de la date d'obtention de son diplôme, des cours qu'il doit suivre et du moment où il doit les suivre en fonction de sa spécialité et de ses besoins. À cet égard, ce système tente d'armer les étudiants de compétences transférables d'un secteur à l'autre en incluant des cours d'art oratoire, d'écriture, de sciences sociales et physiques, quelle que soit la filière choisie (*Ibid.*). Par ailleurs, conformément à toutes les universités adoptant le système des arts libéraux dans le monde, l'anglais est la principale langue d'enseignement et d'administration à l'AUI, au lieu du français ou de l'arabe, comme il est courant dans les universités marocaines.

2.2 PLATEFORMES ÉLECTRONIQUES

Même avant la crise sanitaire du Covid 19, l'AUI s'appuyait sur plusieurs plateformes électroniques pour faciliter la communication interne et externe entre le personnel, le corps enseignant et les étudiants. L'ensemble de l'AUI est relié par l'adresse du serveur aui.ma. Les adresses électroniques composées des initiales du prénom et du nom de famille plus l'adresse du serveur, c'est-à-dire p.nom@aui.ma, sont accordées dès l'inscription à l'université. Elles sont également fournies aux professeurs, au personnel et aux membres du corps administratif après leur entrée en fonction à l'université. L'adresse électronique est utilisée au site de communication outlook.office.com, dans le cadre de la gamme Microsoft Office 365 que l'AUI fournit à son réseau. En plus de cela, la communauté de l'AUI utilise onedrive.office.com comme plateforme de stockage en ligne, ainsi que la gamme Microsoft Word (PowerPoint, Excel, Word etc.).

En outre, grâce au serveur interconnecté, l'AUI a pu établir une plateforme supplémentaire pour faciliter l'intégration académique dans l'université. Le portail de l'AUI ou Jenzabar est conçu comme un moyen d'organiser les cours, les photocopies, les formulaires administratifs et de mettre tous les services universitaires à la disposition des étudiants (aui.ma). De plus, le portail AUI est utilisé par les professeurs pour présenter les programmes des cours qu'ils enseignent, pour diriger les quiz, les examens, les devoirs et pour les noter.

Par ailleurs, l'AUI dans l'ensemble de son corps enseignant utilise Turnitin.com. Cette dernière est une plateforme créée en 1998 et utilisée dans le monde entier afin de garantir "l'équité dans tous les domaines de l'éducation", comme indiqué dans sa déclaration de mission (*Ibid.*). Pour garantir l'intégrité et l'honnêteté académiques, l'AUI a adopté la plateforme turnitin.com pour que les étudiants puissent soumettre leurs travaux, essais, devoirs et examens. Turnitin.com compare le niveau de plagiat dans les soumissions des étudiants par rapport aux articles, livres, et d'autres soumissions qui ont été déjà publiés.

2.3 L'AUI FACE À LA CRISE SANITAIRE

Pendant la crise sanitaire de COVID-19, afin de faire face à la propagation du virus, le gouvernement marocain a proclamé l'état d'urgence sanitaire sur l'ensemble du territoire. Dans ce cadre, une série de mesures de prévention ont été prises, notamment: la décision du ministère de l'Éducation nationale, de la formation professionnelle, de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique (MEN) de la fermeture des crèches, des écoles, des collèges, des lycées et des universités, à partir du lundi 16 Mars 2020.

Le confinement national a forcé l'AUI, ainsi que d'autres universités, à passer d'un enseignement en présentiel à un enseignement à distance, afin d'assurer la continuité des cours. Le deuxième segment de la mission de l'AUI a joué un rôle énorme dans l'intégration des technologies de l'information et de la communication. Ce rôle a été renforcé par l'essor de l'apprentissage en ligne pendant le confinement imposé par la pandémie COVID-19.

L'AUI avait, comme il a été indiqué supra, une base de plateformes en ligne que les professeurs et les étudiants utilisaient avant le confinement, à savoir **le portail de l'AUI** et **Turnitin.com**. Cependant, pour faciliter cette procédure, l'AUI a tout de même adopté **Microsoft Teams** comme plateforme permettant aux professeurs de dispenser des cours par visioconférence, et de faciliter davantage la communication avec les étudiants, surtout avec la disponibilité de la messagerie instantanée et la possibilité d'entretenir des appels.

Après l'annonce du début du confinement, l'Université Al Akhawayn a convoqué ses professeurs au campus afin qu'ils suivent une formation de deux jours sur l'utilisation de Microsoft Teams et a exhorté ses étudiants à se familiariser avec la plateforme.

Etudiants, professeurs et corps administratifs ont compté largement aussi sur la plateforme de streaming électronique **Microsoft Stream** (MS Stream), puisqu'elle fait partie de la gamme de Microsoft Office. Cette plateforme permet de partager les enregistrements des cours en vidéoconférence, et autres vidéos parmi les membres du réseau interne de l'AUI (microsoft.com).

En outre, la méthode de l'apprentissage en ligne ou bien, *flipped learning*, s'est avérée notamment utile pour assurer la continuité de la qualité de l'enseignement. Le *flipped learning* peut être défini comme un reversement de 180° des méthodes de travail (Herreid et Schiller, 2013) puisque les sessions de cours sont réservées pour la pratique au lieu de l'initiation de la théorie. Cette approche pédagogique est expliquée par Riyami (2008: p.64) comme suit: « Cette innovation du savoir permet aux apprenants de suivre et de discuter le contexte de cours entre eux et à distance et de revenir en classe pour réaliser les exercices et les ateliers pratiques du cours avec l'enseignant ». L'étudiant reçoit préalablement à la session, soit des vidéos ou des lectures obligatoires pour se familiariser avec le cours, puis ne posera que certaines questions dans la session, avant de passer aux tâches requises. Par conséquent, l'enseignant n'est qu'un guide et un facilitateur qui aide les apprenants à appliquer et à intégrer des connaissances.

3 ENQUÊTE AUPRÈS DES ÉTUDIANTS DE L'AUI

3.1 OBJECTIFS ET MÉTHODOLOGIE

L'AUI est une parmi d'autres universités du Maroc à avoir mis en œuvre l'enseignement à distance en raison du confinement national obligatoire. Toutefois, il convient de noter que l'AUI reste unique car elle adopte le système des arts libéraux et l'anglais comme langue d'enseignement, comme indiqué auparavant. Cela est pertinent lorsqu'on évaluera l'expérience d'apprentissage en ligne des étudiants, car le nombre de cours choisis et leur difficulté diffèrent d'un étudiant à l'autre.

Pour mener à bien cette recherche, un questionnaire anonyme, avec des questions ouvertes, et d'autres avec des réponses à choix multiples, a été envoyé aux étudiants de l'AUI afin d'évaluer leur expérience de l'apprentissage en ligne pendant la pandémie de COVID-19. L'accent a été mis exclusivement sur l'évaluation de leur expérience au cours du semestre d'automne 2020, qui a commencé le 21 septembre 2020 et s'est terminé le 31 décembre de la même année. Le semestre d'automne 2020 a été choisi parce que, jusqu'à présent, c'était le seul semestre régulier où l'expérience en ligne durait du premier au dernier jour de cours. Par conséquent, la recherche évalue

un phénomène autour d'une période de temps définie, en l'occurrence l'apprentissage en ligne à l'AUI. En outre, les données collectées sont catégorisées entre quantitatives et qualitatives.

Puisque les étudiants de l'AUI ont tendance à utiliser de manière quotidienne la langue anglaise, le questionnaire a été élaboré en cette dernière. Une fois la collecte de données clôturée, questions et réponses ont été traduites vers le français. Les données du questionnaire, les questions et les réponses, ainsi que les informations recueillies seront abordées avec précision dans la section de l'analyse des résultats et discussion.

3.2 ANALYSE DES RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tout au long du questionnaire, les étudiants ont évalué leurs expériences d'apprentissage en ligne selon les critères suivants: l'efficacité des plateformes en ligne, la maîtrise de la technologie par les professeurs, la contribution du *flipped learning* à leurs expériences d'apprentissage en ligne, les avantages et les difficultés de l'apprentissage en ligne. Ensuite, les étudiants ont été invités à indiquer leur préférence en termes de méthode d'enseignement et à exprimer s'ils souhaiteraient que l'apprentissage en ligne soit maintenu après la levée de l'urgence sanitaire nationale.

Parmi les 55 étudiants ayant répondu à notre questionnaire, 10.9% sont inscrits au Master, et 89.1% poursuivent leurs études au Bachelor et proviennent principalement des filières suivantes: Relations internationales, Sciences informatiques, Administration des affaires, Ingénierie générale, etc.

3.2.1 EFFICACITÉ DES PLATEFORMES EN LIGNE

Les étudiants ont examiné, en s'appuyant sur leur expérience, l'efficacité des plateformes en ligne dans leur apprentissage en ligne. Les plateformes évaluées sont Microsoft Teams, Portail de l'AUI (Jenzabar), Turnitin.com, ainsi que Microsoft Stream. Cette dernière offre un service de diffusion en continu de cours en ligne préenregistrés, qui permet aux étudiants de revenir à la séance pour la révision ou s'ils l'ont complètement manquée.

L'évaluation a été réalisée sur une échelle de cinq appréciations: très utile, utile, neutre, pas utile et pas du tout utile. Les résultats sont présentés dans la figure 1.

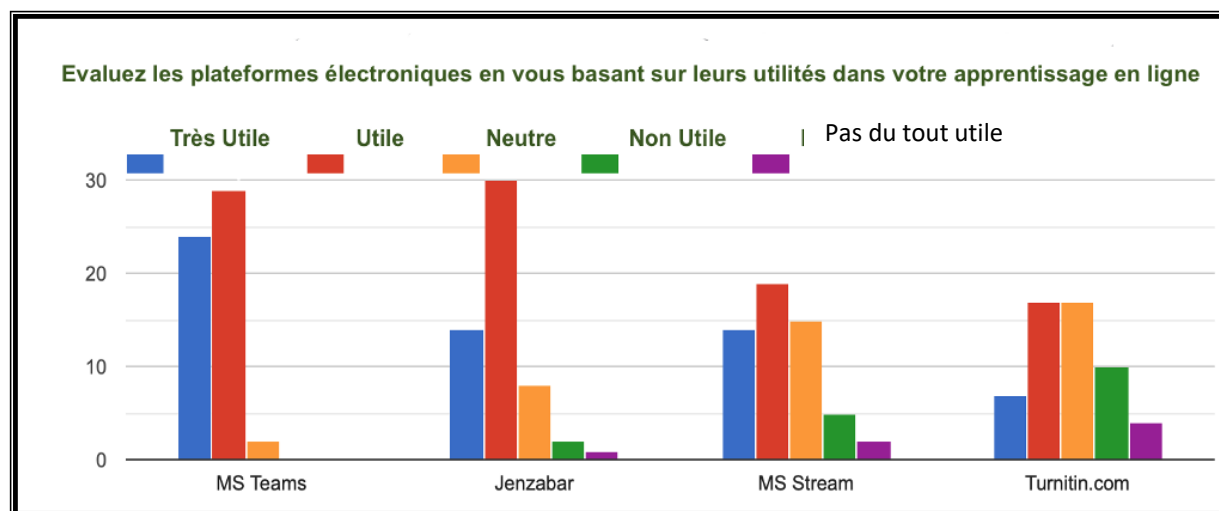


Fig. 1.

Dans la figure 1, nous pouvons voir que la plupart des étudiants estiment que Microsoft Teams était la plus utile des quatre plateformes dans leur formation en ligne à l'AUI. Jenzabar arrive en deuxième position, tandis que MS teams et turnitin.com se partagent relativement la dernière place. Comme l'intégration de MS teams visait à améliorer l'expérience éducative en ligne, les résultats étaient attendus. Cependant, ce qui est surprenant, c'est que MS Stream a été moins bien noté que MS teams. La raison en est que le but de MS Stream est de permettre aux étudiants de rattraper le contenu manqué et sans assister nécessairement au cours.

Ensuite, les étudiants ont été invités à évaluer la contribution des équipes MS pour faciliter la communication entre les différentes parties de la communauté de l'AUI. Presque tous les étudiants (90,9%) ont répondu par l'affirmatif, tandis que seul un nombre négligeable (9,1%) pense le contraire. A la différence d'outlook.office.com qui permet de communiquer uniquement par e-mail, MS

teams offre la possibilité d'utiliser la messagerie instantanée, les appels vocaux et vidéo qui sont des méthodes plus pratiques. L'aspect pratique est renforcé par le serveur de l'AUI interconnecté qui permet aux membres de trouver plus facilement les informations de contact des autres. Il n'est donc pas étonnant que les résultats soient en faveur de MS teams. Ceci est illustré dans la figure 2.

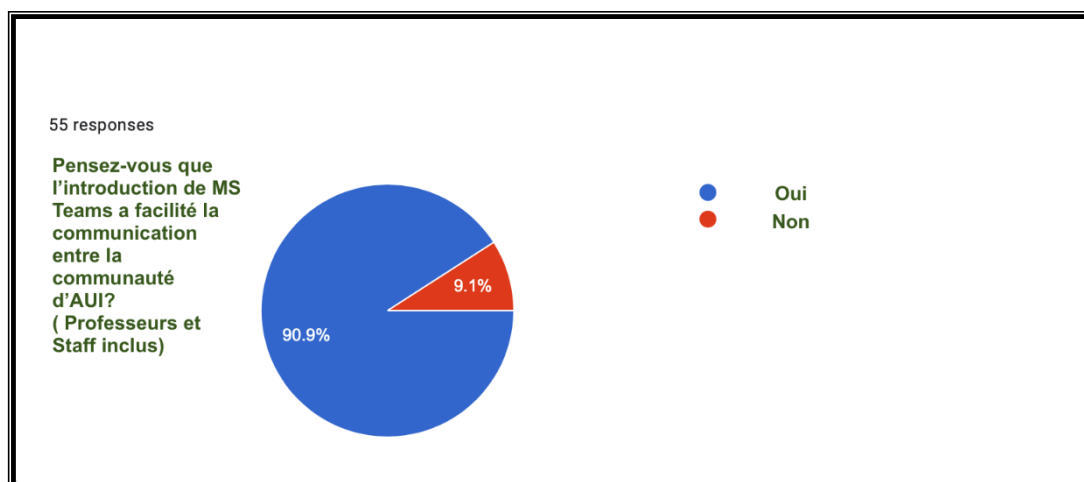


Fig. 2.

3.2.2 MAÎTRISE DES MOYENS TECHNOLOGIQUES PAR LES PROFESSEURS

L'évaluation de ce segment a été réalisée en deux parties. En premier lieu, en évaluant la maîtrise des moyens technologiques par les enseignants, sur une échelle de 1 à 5, la plupart des étudiants (34,5 %) l'ont estimée à 3/5, suivie de 4/5 pour (29,1%), 2/5 pour (16,4%), 5/5 pour (12,7), puis 1/5 pour (7,3%) en fin de classement. La figure 4 rend compte de ces résultats.

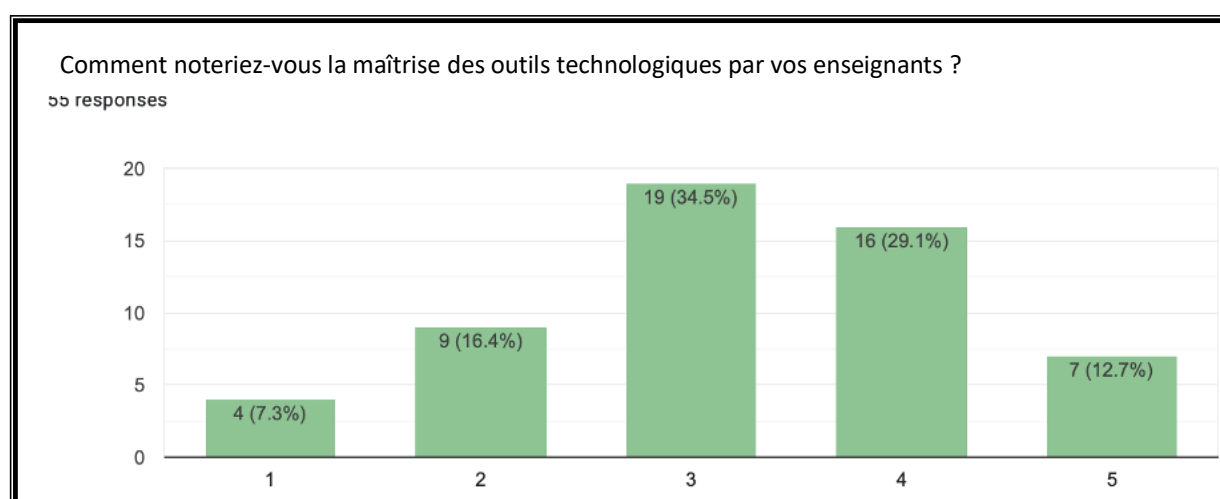


Fig. 3.

En second lieu, les étudiants ont été sollicités à indiquer si la maîtrise des outils technologiques par les professeurs avait un impact sur leur expérience d'apprentissage en ligne. Presque tous les étudiants (90,9 %) ont répondu que la compétence des enseignants en matière d'utilisation des outils technologiques a un impact direct sur leur expérience d'apprentissage en ligne. Les autres, soit 5 étudiants (9,1%), ont affirmé le contraire. Les résultats sont présentés dans la figure 3.

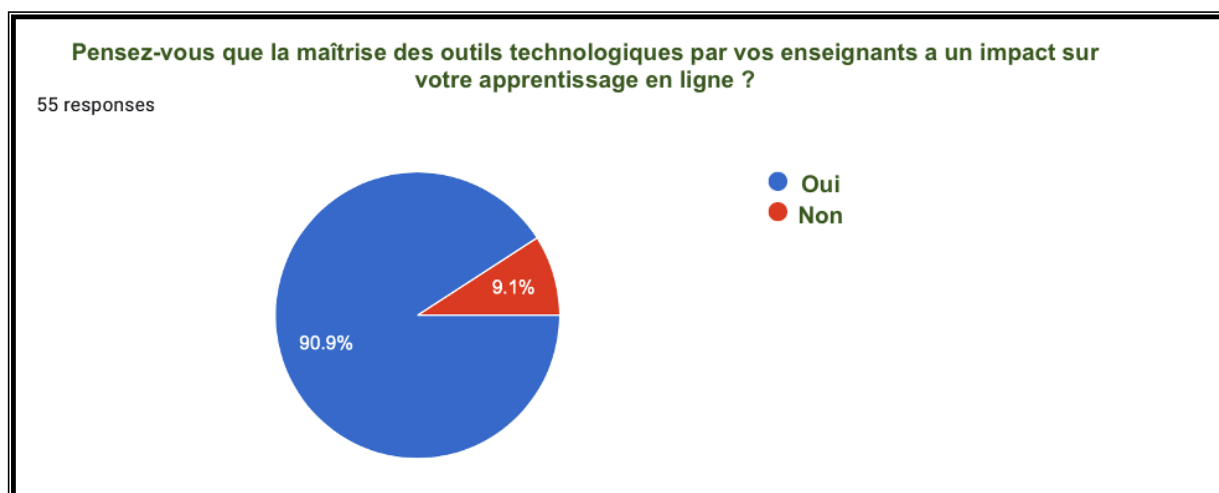


Fig. 4.

Les résultats révèlent que la majorité des étudiants ont noté la maîtrise des moyens technologiques par leurs professeurs entre 3 et 4, sur 5. En outre, la majorité des étudiants ont relié la maîtrise des outils technologiques par leurs professeurs avec l'apprentissage en ligne. Par ailleurs, nous pouvons déduire que la majorité des étudiants ont été satisfaits par rapport à leur enseignement en ligne vis-à-vis de la maîtrise de l'aspect technologique par les enseignants.

3.2.3 LE FLIPPED LEARNING

Afin d'évaluer l'impact du flipped learning ou l'apprentissage inversé sur l'éducation en ligne, nous avons demandé, d'abord, aux étudiants de confirmer s'ils ont été confrontés à cette approche et d'indiquer, par la suite, si cette pédagogie a contribué à leur apprentissage en ligne.

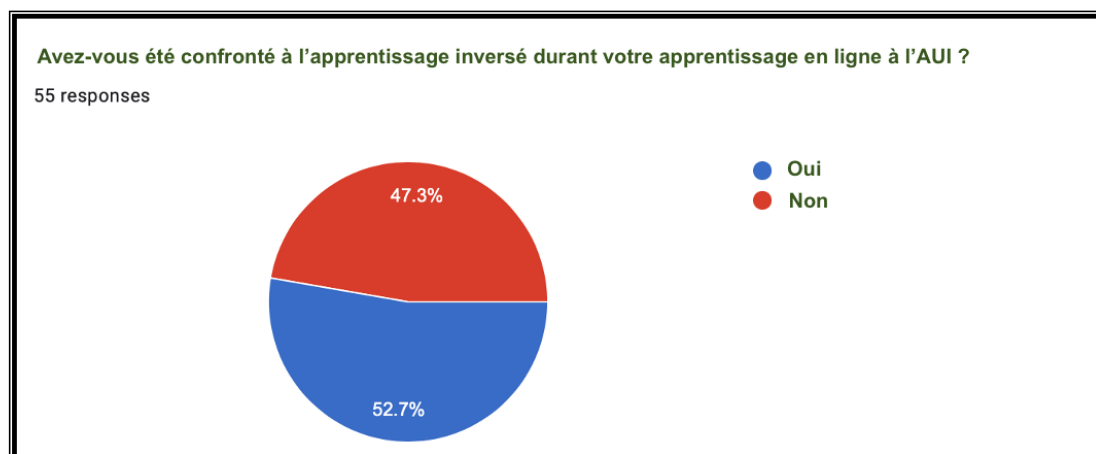


Fig. 5.

Presque la moitié des étudiants (52,7%) ont confirmé qu'ils étaient confrontés au *flipped learning* durant leur apprentissage en ligne. Parmi les 36 étudiants qui ont répondu positivement à cette question, 61,1% disent que l'apprentissage inversé n'a pas contribué à leur apprentissage en ligne. Ceci est illustré dans la figure 6.

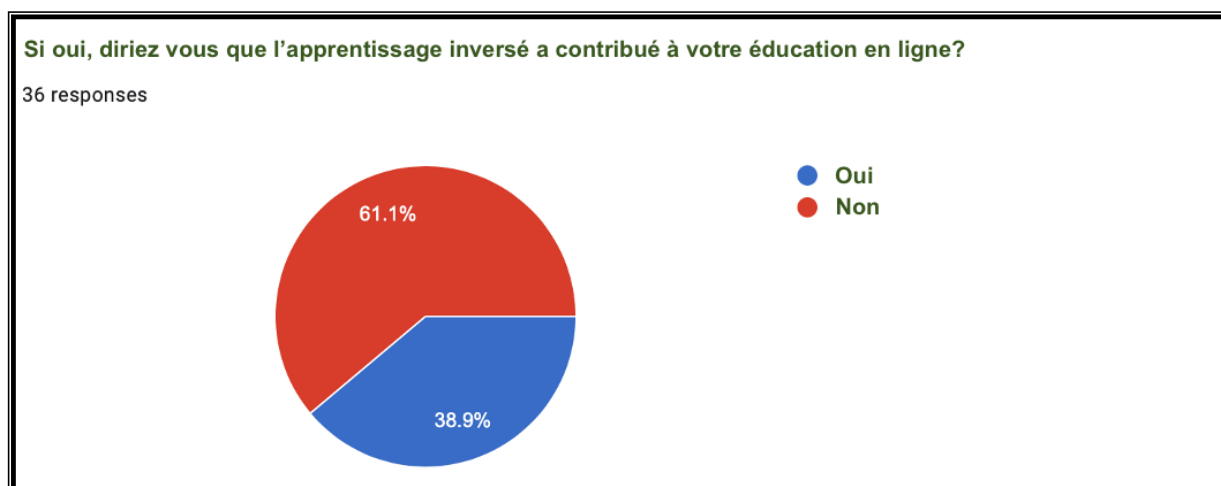


Fig. 6.

Ces résultats démontrent l'inefficacité de l'enseignement inversé dans l'apprentissage pour la majorité de notre échantillon. Cela veut dire que ces étudiants n'arrivent pas à accepter cette approche offerte par l'intégration de divers moyens technologiques et des systèmes de l'enseignement à distance dans leur parcours d'apprentissage. Les étudiants réticents à ce type d'enseignement l'ont expliqué par le fait que cette approche pédagogique exige beaucoup de travail de leur part, étant donné qu'ils sont obligés de fournir des efforts supplémentaires avant la séance afin de comprendre le cours et de travailler pendant la séance en participant à résoudre des problèmes pendant leur interaction avec les enseignants. Le rôle de l'enseignant comme accompagnateur dans ce type d'enseignement n'est pas vraiment apprécié par les étudiants qui préfèrent plutôt son rôle classique d'expert.

3.2.4 AVANTAGES ET DIFFICULTÉS DE L'ENSEIGNEMENT À DISTANCE

Les étudiants auprès desquels nous avons mené notre enquête ont exprimé selon une approche qualitative, en premier lieu, de nombreux avantages de l'enseignement à distance, notamment:

- La flexibilité et le confort, c'est-à-dire qu'il leur permet d'étudier à leur rythme surtout avec l'enregistrement des cours qu'ils peuvent consulter à tout moment;
- Etudier de n'importe quel endroit sans être dans l'obligation de se déplacer jusqu'à l'université;
- La liberté de contacter les enseignants de manière récurrente via Teams, car la plupart d'entre eux répondent effectivement à leurs messages;
- Evite le contact humain du moment que la distanciation sociale est difficile à l'université;
- Amélioration des liens familiaux;
- L'obtention de meilleures notes;
- Etc

Dans un deuxième volet, les étudiants ont été invités à s'exprimer au sujet des difficultés rencontrées lors de l'enseignement à distance. Nous citons ci-dessous quelques problèmes évoqués par les étudiants, selon leur ordre de fréquence:

- Problèmes de connexion;
- Manque d'activité physique,
- Perte de concentration puisque les moyens de distraction sont à disposition chez soi;
- Accroissement de la procrastination ainsi que la perte d'intérêt et de motivation;
- Manque d'interaction réelle, ce qui peut parfois limiter le potentiel de discussions en classe, en plus d'une dégradation réelle de la qualité de l'enseignement en soi
- Charge de travail importante et manque de temps libre;
- Manque de formation pratique;
- L'isolement;
- Etc

3.2.5 PRÉFÉRENCE EN TERMES DE TYPE D'ENSEIGNEMENT

Pour savoir quel type d'enseignement est préférable chez les étudiants de l'AUI en période de pandémie et s'ils souhaiteraient le maintien du *e-learning* après cette crise sanitaire, nous les avons invités, au préalable, à évaluer leur qualité d'enseignement avant l'enseignement à distance et après son application, sur une échelle de 1 à 5. Les résultats figurent respectivement sur les deux graphiques suivants:

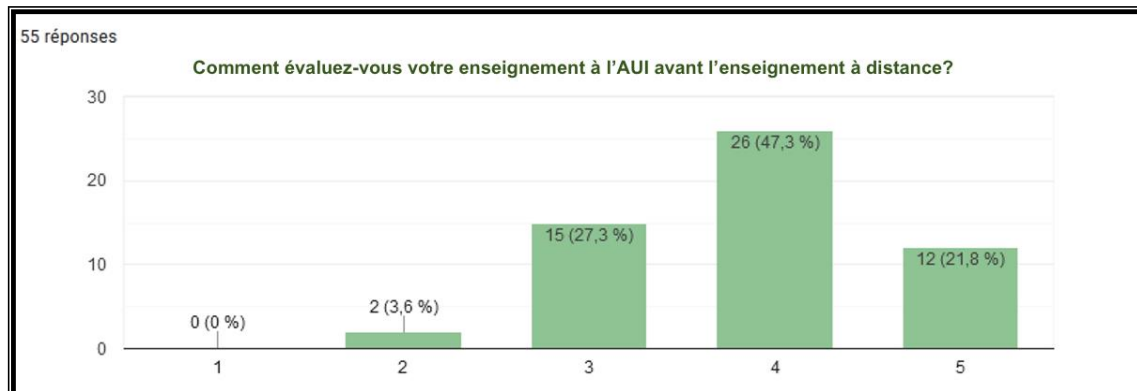


Fig. 7.

La plupart des étudiants (47,3%) ont accordé 4/5 à leur enseignement avant le *e-Learning*, ensuite 3/5 pour 27,3% et 5/5 pour 21,8%. Des chiffres qui démontrent que ces étudiants étaient satisfaits de leur enseignement avant l'enseignement à distance. La figure ci-après représente l'évaluation de leur enseignement depuis l'introduction du *e-learning*.

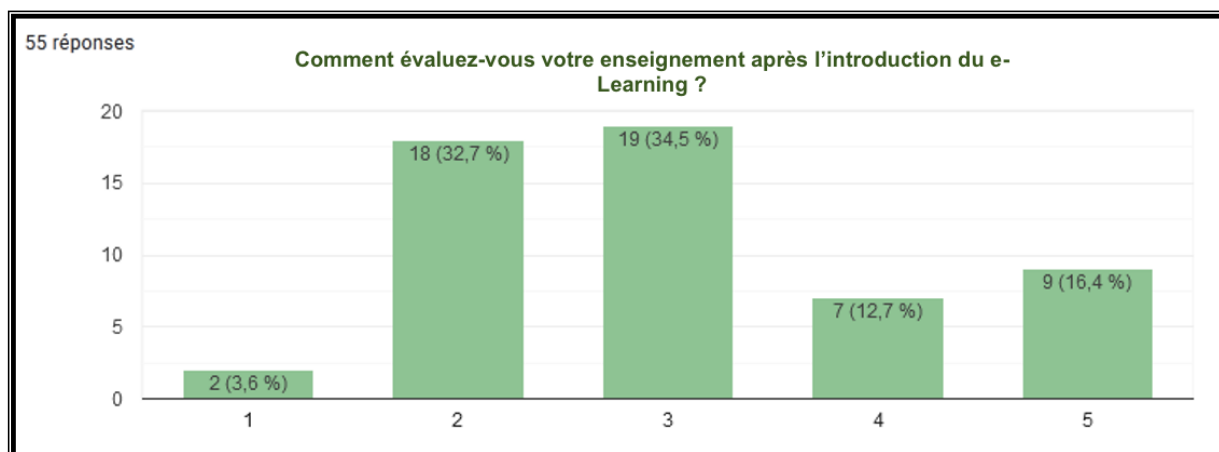


Fig. 8.

Les étudiants qui ont évalué leur enseignement à distance ont accordé dans leur majorité (34,5%) 3/5, 2/5 pour 32,7%, 5/5 pour 16,4% d'étudiants et 4/5 pour 12,7%. Après la mise en place de l'enseignement à distance, nous remarquons que le nombre d'étudiants ayant évalué leur enseignement à des échelles supérieures (5/5 et 4/5) a baissé de manière remarquable, d'où l'augmentation des pourcentages des échelles inférieures.

Par la suite, les étudiants ont été sollicités à choisir entre trois méthodes d'enseignement: l'enseignement en présentiel, l'enseignement hybride et l'enseignement à distance, tout en expliquant le mode privilégié. Les résultats apparaissent sur la figure 9.

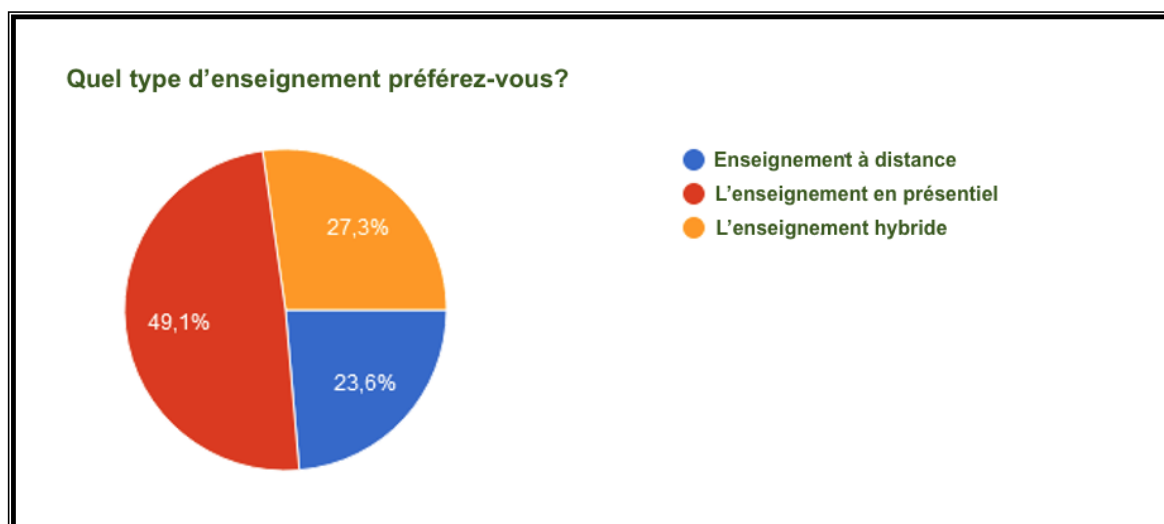


Fig. 9.

Les étudiants optent en majorité (49,1%) pour l'enseignement en présentiel dans la mesure où c'est toujours le manque de concentration et la fatigue pendant les cours à distance qui sont évoqués le plus souvent chez notre échantillon. En revanche, les 23,6 % qui préfèrent le *e-learning* ont fait allusion au confort de rester chez soi et à leur productivité pendant cette période pandémique.

Enfin, notre échantillon a été appelé à s'exprimer s'il serait louable de garder l'enseignement à distance même après la crise sanitaire de COVID-19. Le graphique de la figure 10 met en lumière leur choix.

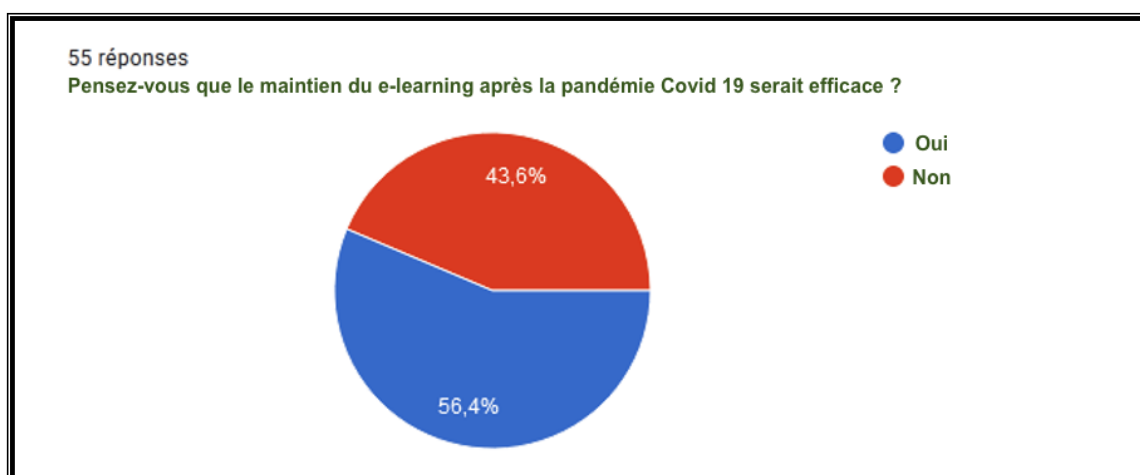


Fig. 10.

La majorité des étudiants de l'AUI ayant participé à notre enquête (56,4%) estiment que le maintien du *e-learning* serait bénéfique pour leur apprentissage, étant donné qu'ils obtiennent de bonnes notes et que l'enseignement à distance est plus flexible dans la gestion des cours. Tandis qu'un pourcentage de 43,6% juge le maintien de l'enseignement à distance comme inefficace à cause de leur incapacité à s'adapter à ce type d'enseignement.

4 CONCLUSION

A travers notre enquête, nous pouvons conclure que l'Université Al Akhawayn à Ifrane avec ses divers dispositifs et le déploiement d'efforts colossaux par ses enseignants et son personnel a réussi le challenge de l'enseignement en ligne, de façon systémique, par la mise en œuvre d'une multitude de plateformes électroniques qui offrent des sessions de cours et des devoirs flexibles. La maîtrise des moyens technologiques par les professeurs a également joué un rôle primordial dans le succès du *e-learning* à l'AUI.

En revanche, même avec toutes ces stratégies d'enseignement à distance, les étudiants restent non satisfaits par rapport à leur apprentissage en ligne. Ceci peut être attribué à la nature même de l'enseignement à distance. En effet, les cours en présentiel manquent aux étudiants, puisque le *e-Learning* est jugé trop isolant et réduit leur vie sociale. Plusieurs étudiants ont estimé que nul ne peut substituer l'interaction humaine en face à face. Les étudiants ont tout de même suggéré le maintien de l'enseignement à distance même après la pandémie du COVID-19, vu les avantages de flexibilité que ce dernier apporte à l'apprentissage. Les étudiants ont aussi recommandé que les professeurs réduisent la charge du travail à effectuer, surtout que les cours et les devoirs qui doivent se faire en ligne augmentent le temps de l'usage des écrans par les étudiants.

REFERENCES

- [1] Al Akhawayn University in Ifrane, (2021). Al Akhawayn University in Ifrane - AUI. [online] Aui.ma. Available at: <http://www.aui.ma/en/about>.
- [2] Fitzsimmons, L. (2016). «Liberal Arts in the Modern University.» *Academe*, vol. 102, no. 1, pp. 31–33, consulté le 4 Juin 2021, www.jstor.org/stable/24643073.
- [3] Freeman, H. & Schiller, C. (2013). Case Studies and the Flipped Classroom. *Journal of College Science Teaching*, 42 (5), 62-66. Retrieved June 4, 2021, from <http://www.jstor.org/stable/43631584>.
- [4] Guilbault, M. & Viau-Guay, A., (2017). « La classe inversée comme approche pédagogique en enseignement supérieur: état des connaissances scientifiques et recommandations », *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur* [En ligne], 33 (1) | 2017, mis en ligne le 06 mars 2017, consulté le 21 décembre 2021. URL: <http://journals.openedition.org/ripes/1193>; DOI: <https://doi.org/10.4000/ripes.1193>.
- [5] Hantem, A. (2020). Les conditions de l'enseignement à distance pendant le confinement dû au COVID19: Cas de l'enseignement supérieur au Maroc., 2020. hal-02883214.
- [6] <http://www.aui.ma/en/media-room/news/al-akhawayn-news/3804-les-enseignements-a-distance-de-l-universite-al-akhawayn-accreditee-par-la-prestigieuse-agence-americaine-neche.html>.
- [7] <https://support.microsoft.com/en-us/office/microsoft-stream-your-company-s-video-portal-c3240bd5-5f80-4fd0-a37d-7a3275605f3a>.
- [8] International Bureau of Education, (2004), Overview of the Moroccan Education System (Prepared and distributed on the occasion of the 47th session of the International Conference on Education. Geneva: 8-11 September 2004), Ministry of Higher Education, Scientific Research and Executive Training: http://www.ibe.unesco.org/National_Reports/ICE_2004/morocco.pdf
- [9] Jyhum, L., Cheolil, L., & Hyeonsu, K., 2016. Development of an instructional design model for flipped learning in higher education. *Educational Technology Research and Development*, 65 (2), pp.427-453.
- [10] NECHE. (2021). Al Akhawayn University - NECHE. [online] Available at: It; <https://www.neche.org/institution/al-akhawayn-university>.
- [11] Riyami, B., (2018). Analyse des effets des TIC sur l'enseignement supérieur au Maroc dans un contexte de formation en collaboration avec une université française. *Education. Université de Bretagne Sud. Français*. NNT: 2018LORIS497. tel-02004288.
- [12] Senhaji, M., (2021). Al Akhawayn décroche l'accréditation Neche pour ses enseignements en ligne. [online] *Le Matin*, consulté le 03 mars 2021 <https://lematin.ma/journal/2021/al-akhawayn-decroche-laccréditation-neche-enseignements-ligne/354049.html>.
- [13] Taoufiq, A., (2021). Al Akhawayn University in Ifrane - Accreditation at AUI. [online] Aui.ma., consulté le 06 juin 2021; <http://www.aui.ma/en/about/accreditation/overview.html>.

L'influence de l'absentéisme sur la performance du personnel médical sanitaire du Tchad

[The influence of absenteeism on the performance of medical personnel in Chad]

Lopiagoto Noudjihoudou Désiré¹, Douanla Jean², and NOHOTIO KENNE Jean Mathurin³

¹Doctorant, Faculté des Sciences Économiques et de Gestion, Université de Dschang, Cameroon

²Professeur, H.E, de classe exceptionnelle, Université de Dschang, Cameroon

³Docteur, Université de Dschang, Cameroon

Copyright © 2023 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 quantitative article aims to evaluate the influence of absenteeism on the performance of health care personnel in Chad. It is based on a sample of 399 subjects from the public service, civil servants, state contractuels and institutional contractuels, aged between 18 and 50 years, male and female, married, widowed, divorced or single. The data collection was done through a questionnaire and the structural equation analysis is the method used. The results show that absenteeism negatively influences the performance of health care personnel Chad.

KEYWORDS: Absenteeism, individual performance, intra and extra role, stress.

RESUME: Le présent article de nature quantitative vise à évaluer l'influence de l'absentéisme sur la performance du personnel médical sanitaire du Tchad. Il porte sur un échantillon de 399 sujets du service public, des fonctionnaires, les contractuels de l'état et les contractuels de l'institution, âgés de 18 à 50 ans, de genre masculin et féminin, mariés, veufs, divorcés ou célibataires. Le recueil des données s'est fait par un questionnaire et l'analyse des équations structurelles est la méthode utilisée. Les résultats montrent que l'absentéisme influence négativement la performance intra et extra rôle du personnel soignant du Tchad.

MOTS-CLEFS: Absentéisme, performance individuelle, intra et extra rôle, stress.

1 INTRODUCTION

L'efficacité du capital humain hospitalier est au cœur de la préoccupation des chercheurs en sciences de gestion et des organismes comme l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) compte tenu de l'importance de celui dans les structures sanitaires. Comme l'affirme Kervasdoué (2004), « [L'hôpital] on y naît, on y meurt ». Au Tchad, les hôpitaux publics font face à des nombreux dysfonctionnements à savoir: des longues files d'attentes observées, des attitudes peu avenantes des corps soignants, des lenteurs dans la prise en charge, le manque de disponibilité des médecins spécialistes, les non respects des horaires d'ouvertures de certains services. Le pays dispose d'un taux de mortalité maternelle très élevé. Selon une étude menée par Djongali et al. (2017), 971 décès maternels pour 29.740 naissances vivantes avaient été enregistrés soit un ratio de mortalité maternelle de 653 pour 100.000 naissances vivantes. Ces décès avaient touché principalement les femmes célibataires (33,26%), mariées (64,5%), multipares (59, 63%). Sur quatre principales étiologies rapportées sur ce taux de décès, les hémorragies génitales étaient de (43%), (Djongali et al. (2017). Une des causes de ses hémorragies est liée au manque du

personnel soignant expérimenté. Aussi aux retards dans les prises en charge des femmes à terme, absentéisme du personnel soignant: Ministre de la santé publique du Tchad, (2020). Plusieurs facteurs peuvent influencer ces genres de comportement au travail d'où l'absentéisme. L'approche des facteurs de l'absentéisme paraît importante pour la compréhension de la sous performance du personnel soignant médical. Le premier courant, au temps des précurseurs comme Mayo orientait déjà les pensées sur le lien entre l'absentéisme et les conditions de travail. Les travaux de Steers et Rhodes, (1978), Nicholson et *al.* (1976) ont évoqué la rémunération comme l'un des facteurs déclencheur du phénomène de l'absentéisme chez les employés. D'autres travaux (Atlen, 1981; Ashenfelter et Johnson, 1969; Beaupré, 1990; Leigh, 1985 et Rubin, 1986) liés aussi aux conditions de travail cités par Tremblay, (2007) estiment que la présence du syndicat aura une influence sur l'absentéisme. Les autres travaux sur le phénomène ont plutôt orienté le débat sur l'individu lui-même, plusieurs approches basées sur le genre; l'âge etc. Les débats sur le genre font référence aux travaux d'Ichino et Moretti (2009) qui estiment que la probabilité de s'absenter est très élevée chez les femmes que chez les hommes, comme cause principale serait la menstruation. En ce qui concerne l'âge, plusieurs travaux comme celui de Depardieu et Lollivier (1985) estiment que les employés qui ont atteint 40 ans ont un taux d'absentéisme plus élevé. On note que l'ensemble des facteurs de l'absentéisme évoqués par (Steers et Rhodes, 1978; Nicholson et *al.* 1976; Atlen, 1981; Ashenfelter et Johnson, 1969; Beaupré, 1990; Leigh, 1985 et Rubin, 1986; d'Ichino et Moretti, 2009; Depardieu et Lollivier, 1985) ont impacté négativement la performance individuelle. L'absentéisme des employés qui manifestent des mécontentements pour la rémunération, qui ont de problème de menstruation et ceux contraint par l'avancée de l'âge évoqué par Depardieu et Lollivier (1985) peuvent être des sources de frustration, entraînant des charges supplémentaires pour les employés assidus et cela va entraîner des effets négatifs sur leur performance, (Mowday et *al.* (1982). D'autres pensent que face à un tel phénomène, seules l'éthique et la déontologie seront la solution (Borman, Penner, Allen, Motowidlo (2001). Elles regroupent deux types de comportement (la performance extra rôle et la performance intra rôle). L'influence des facteurs de l'absentéisme est expliquée dans plusieurs modèles, quelques-uns ont été retenus. En premier lieu, nous faisons appel au modèle de Steers et Rhodes (1978) qui appréhende le phénomène de l'absentéisme sous deux formes (involontaire et volontaire). Le volontaire fait allusion aux absences causées par l'environnement du travail, quant aux absences involontaires sont celles qui sont causées par l'incapacité ex: maladie Barmby et *al.* (1994). En second, le modèle du déséquilibre « menace-ressources » de Lazarus et Folkman (2001) qui explique le phénomène de l'absentéisme comme une situation de non reconnaissance aux efforts fournis. En troisième lieu, le modèle multifactoriel de Campbell (1990). Ce modèle prend en compte huit facteurs ou exigences que les managers doivent mettre en place afin de faciliter la performance de l'employé. À l'état actuel des travaux, très peu ont étudié l'influence des facteurs de l'absentéisme sur la performance du personnel médical soignant dans le contexte Tchadien. Ce qui fait l'objet de cet article. En référence à toutes ces préoccupations susmentionnées, cet article se propose de répondre à un certain nombre de questions qu'il convient de présenter.

L'absentéisme influence négativement la performance intra et extra rôle ?

En d'autre terme:

Quel est l'effet de l'absentéisme sur la performance du personnel médical sanitaire du Tchad

2 CADRE CONCEPTUEL DE L'ETUDE

Ce paragraphe est consacré à la clarification des concepts de l'étude (l'absentéisme et la performance individuelle), puis les fondements des hypothèses de recherche.

2.1 CLARIFICATION DES CONCEPTS

Il s'agit ici de présenter les concepts de l'absentéisme et la performance individuelle au travail.

2.1.1 LE CONCEPT DE L'ABSENTÉISME

Selon le courant classique, l'absentéisme sera perçu comme « une tactique ouvrière » pour défier « la direction » ou comme « l'expression de conflits ou de stress propres à l'individu » Dubois (1977). Cette vision de Dubois de l'absentéisme n'est pas partagée par ces compères du courant classique comme Jones et Nicholson, (1982), pour eux, le phénomène serait lié aux salariés absents qui s'expriment par leur comportement à savoir leur non présence. Cette définition Jones et Nicholson est partagée par Behrend (1959), qui définit l'absentéisme comme le fait pour un employé de ne pas se présenter au travail sans raison valable ou tout simplement sans excuse. La vision classique de l'absentéisme est partagée par les auteurs du courant moderne à l'instar de Martocchio et Jimeno (2003), ils définissent le phénomène comme la non présence physique d'un individu à un endroit et un moment donné alors qu'on attend qu'il soit là.

2.1.2 APERÇU SUR LE CONCEPT DE LA PERFORMANCE INDIVIDUELLE AU TRAVAIL

Les travaux ont émergé sur les analyses faites autour du concept de la performance individuelle au travail et sa définition. Plusieurs auteurs de temps modernes ont fait avancer le construit avec les nouvelles approches. Nous abordons le concept avec les plus récentes « La performance au travail est définie comme la valeur totale attendue par l'organisation des épisodes comportementaux discrets qu'un individu effectue sur une période de temps donnée » (Motowild, 2003). Une définition qui appréhende le concept dans son sens proprement dit « attente des résultats ». Cette définition n'inclue pas la responsabilité de l'organisation pour l'atteinte de cette performance. La définition de Campbell (1990) qui affirme que la « performance est ce que l'organisation recrute un individu pour faire et le faire bien ». Celle-ci englobe la responsabilité de l'organisation et celle de l'employé.

2.2 FORMULATION DES HYPOTHÈSES

La littérature montre plusieurs travaux de l'absentéisme qui ont un lien négatif sur la performance (Harrison et Martocchio, 1998; Gaudine et Saks, 2001). Selon les travaux de (Mowday et al. 1982), les employés absents vont laisser un vide que les autres collègues ne pourront pas combler. D'autres travaux ont montré que l'absentéisme révèle la mauvaise performance (Charles-Pauvers, Commeiras, Peyrat-Guillard, et Roussel, 2006), la baisse de l'implication (Martory et Crozet, 1998) ou le non engagement (Mowday et al. 1979; Loba, 2014).

L'absentéisme influence négativement la performance intra et extra rôle du personnel médical soignant tchadien



Fig. 1. Modèle de recherche

Source: auteur

3 MÉTHODOLOGIQUE

Nous présentons l'échantillon, les instruments de mesure des variables utilisées, les analyses factorielles et les validités des construits, puis enfin la méthode du test d'hypothèses.

3.1 L'ÉCHANTILLON DE L'ÉTUDE ET LA MESURE DES VARIABLES

La population de l'étude concerne l'ensemble des corps soignants en service dans les quatre (04) hôpitaux publics de références de N'Djamena et les vingt-deux (22) hôpitaux provinciaux, soit 26 hôpitaux choisis. La démarche a consisté à identifier les salariés des services les plus fréquentés. Nous avons choisi les absences la fin de l'année de 2022 (Novembre-Décembre) et le début de l'année 2023 (Janvier) comme période d'étude. Une collecte de données par questionnaire relatif aux deux concepts de l'étude (**performance intra et extra rôle** et **absentéisme**). La performance intra rôle, la version courte de l'échelle de William et Anderson (1991) traduit en français a été utilisée. Une échelle constituée de 11 items, et l'échelle de mesure de Podsakoff et al. (1990), un instrument de 14 items pour la performance extra rôle. L'absentéisme sera mesuré par le biais de deux indicateurs (Steel, 2003): la fréquence et la durée des absences. Les motifs de l'absence sont issus de l'instrument de mesure de l'absentéisme au travail de (Akibode, 1994). Ces questionnaires sont administrés de façon directe à 399 corps soignants. La taille de cet échantillon est bel et bien largement supérieure au nombre de paramètre à estimer comme le recommande Hair et al. (1998) pour la modélisation en équation structurelle cité par Douanla J. et al. (2020).

4 PRESENTATION DES RESULTATS

Nous présentons dans ce paragraphe les résultats de l'analyse factorielle (l'ACP, l'AFC); de test de l'hypothèse.

4.1 LA PRÉSENTATION DES RÉSULTATS DE L'ACP

Les AFE ont été réalisées de la manière suivantes (celles de la performance individuelle en trois itérations et celles de l'absentéisme en quatre itérations). Nous présentons les résultats issus de la dernière itération. Il ressort de l'ACP que toutes les corrélations anti images sont supérieures à 0,50 (0,526 à 0,702) la performance intra rôle; (829 à 876) la performance extra rôle; (0,565 et 0,716) l'absentéisme. Sur ces résultats, nous obtenons une structure satisfaisante à 100%. Tous les critères de validité de l'AFE sont respectés.

Les modèles issus de l'AFE sont ceux qui s'ajustent mieux aux données empiriques comme le montrent les différents indices d'ajustement présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1. La structure factorielle de la performance intra, extra rôle et l'absentéisme

Items restants au terme de l'AFE	Communautés	Contributions factorielles
PID137	0,711	0,843
PID128	0,668	0,817
PID136	0,219	0,568
Alpha de crombach 0, 540	KMO 0,540 Significativité du test Bartlett 0,000 Variance totale expliquée 53,264	
Centrai5	0,644	0,802
Centrai3	0,633	0,796
Centraid4	0,592	0,770
Centrai6	0,588	0,767
Centrai7	0,530	0,728
Alpha de crombach 0,831	KMO 0,844 Significativité du test Bartlett 0,000 Variance totale expliquée 59,738	
Abs17A	0, 930	0,964
Abs7A	0, 838	0,915
Abs6A	0,686	0,828
Alpha de crombach, 866	KMO 0,610 Significativité du test Bartlett 0,000 Variance totale expliquée 81,779	

Source: l'auteur dans SPSS

4.2 LA PRÉSENTATION DES RÉSULTATS DE L'ANALYSE FACTORIELLE CONFIRMATOIRE (AFC)

Nous confrontons plusieurs modèles, celui issu de la littérature; le modèle uni dimensionne, modèle Tridimensionnel et le modèle issu de l'ACP. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous:

Tableau 2. Résultats de l'analyse factorielle confirmatoire

Variables	Modèles comparés	Indices absolus		Indices incrémentaux		Indices de parcimonie	
		AGFI	RMSEA	TLI	CFI	χ^2/dll	AIC
		> 0.90	< 0.08	> 0.90	> 0.90	Le plus faible compris entre 1 et 5	Le plus faible possible
La performance intra rôle	Modèle Uni dimensionnel	0,893	0,086	793	0,834	3,958	218,131
	Modèle issu de l'ACP	0,993	0,000	0,907	1,000	0,701	10,701
La performance extra rôle	Modèle Uni dimensionnel	0,892	0,704	0,806	0,961	3,171	300,153
	Modèle issu de l'ACP	0,946	0,080	0,967	0,983	3,530	37,652
	Modèle Tridimensionnel	0,808	0,134	0,740	0,691	3,530	684,380
L'absentéisme	Modèle Uni dimensionnel	0,816	0,043	0,883	0,896	1,736	339,945
	Modèle issu de l'ACP	0,900	0,005	0,912	0,980	0,905	12,504

Source: l'auteur dans AMOS 4

4.3 LES RESULTATS DES TESTS DE L'HYPOTHESE

Nous présentons dans ce paragraphe le modèle structurel des effets de l'absentéisme sur la performance intra et extra rôle:

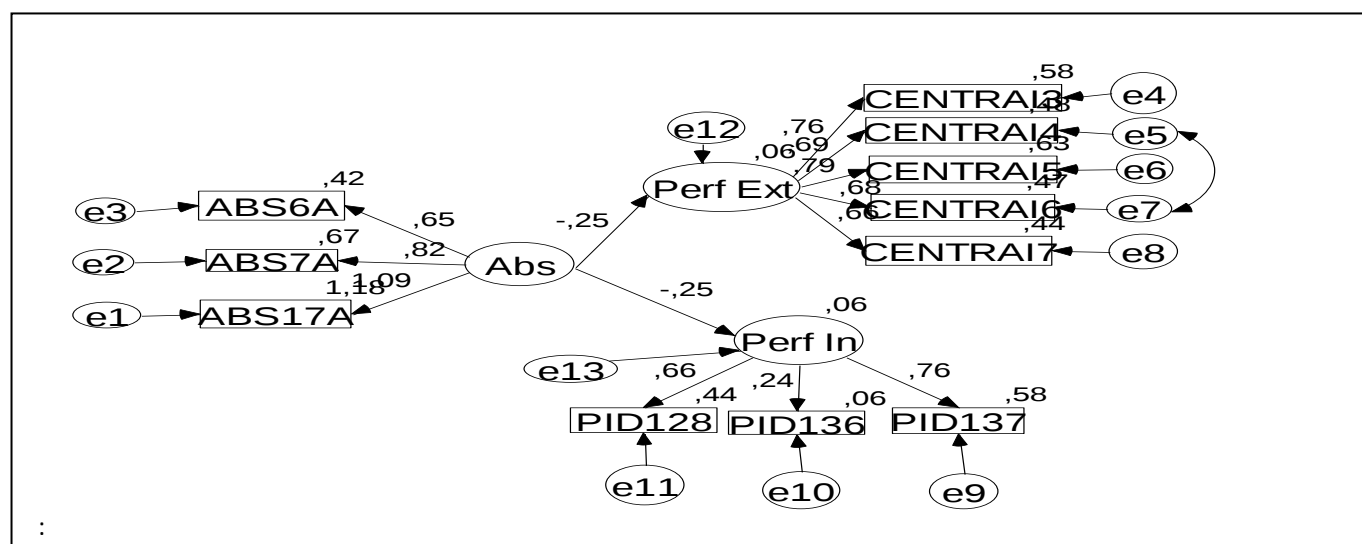


Fig. 2. Modèle structurel: effet de l'absentéisme sur la performance intra et extra rôle

Source: l'auteur dans AMOS 4

Nous présentons dans ce paragraphe les résultats de l'analyse factorielle (l'ACP, l'AFC); de test de l'hypothèse.

4.4 LA PRÉSENTATION DES RÉSULTATS DE L'ACP

Les AFE ont été réalisées de la manière suivantes (celles de la performance individuelle en trois itérations et celles de l'absentéisme en quatre itérations). Nous présentons les résultats issus de la dernière itération. Il ressort de l'ACP que toutes les corrélations anti images sont supérieures à 0,50 (0,526 à 0,702) la performance intra rôle; (829 à 876) la performance extra rôle; (0,565 et 0,716) l'absentéisme. Sur ces résultats, nous obtenons une structure satisfaisante à 100%. Tous les critères de validité de l'AFE sont respectés. Les modèles issus de l'AFE sont ceux qui s'ajustent mieux aux données empiriques comme le montrent les différents indices d'ajustement présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3. La structure factorielle de la performance intra, extra rôle et l'absentéisme

Items restants au terme de l'AFE	Communautés	Contributions factorielles
PID137	0,711	0,843
PID128	0,668	0,817
PID136	0,219	0,568
Alpha de crumbach 0, 540	KMO 0,540 Significativité du test Bartlett 0,000 Variance totale expliquée 53,264	
Centrai5	0,644	0,802
Centrai3	0,633	0,796
Centraid4	0,592	0,770
Centrai6	0,588	0,767
Centrai7	0,530	0,728
Alpha de crumbach 0,831	KMO 0,844 Significativité du test Bartlett 0,000 Variance totale expliquée 59,738	
Abs17A	0, 930	0,964
Abs7A	0, 838	0,915
Abs6A	0,686	0,828
Alpha de crumbach, 866	KMO 0,610 Significativité du test Bartlett 0,000 Variance totale expliquée 81,779	

Source: l'auteur dans SPSS

4.5 LA PRÉSENTATION DES RÉSULTATS DE L'ANALYSE FACTORIELLE CONFIRMATOIRE (AFC)

Nous confrontons plusieurs modèles, celui issu de la littérature; le modèle uni dimensionne, modèle Tridimensionnel et le modèle issu de l'ACP. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous:

Tableau 4. Résultats de l'analyse factorielle confirmatoire

Variables	Modèles comparés	Indices absolus		Indices incrémentaux		Indices de parcimonie	
		AGFI	RMSEA	TLI	CFI	χ^2/dll	AIC
		> 0.90	<0.08	>0.90	>0.90	Le plus faible compris entre 1 et 5	Le plus faible possible
La performance intra rôle	Modèle Uni dimensionnel	0,893	0,086	793	0,834	3,958	218,131
	Modèle issu de l'ACP	0,993	0,000	0,907	1,000	0,701	10,701
La performance intra rôle	Modèle Uni dimensionnel	0,892	0,704	0,806	0,961	3,171	300,153
	Modèle issu de l'ACP	0,946	0,080	0,967	0,983	3,530	37,652
	Modèle Tridimensionnel	0,808	0,134	0,740	0,691	3,530	684,380
L'absentéisme	Modèle Uni dimensionnel	0,816	0,043	0,883	0,896	1,736	339,945
	Modèle issu de l'ACP	0,900	0,005	0,912	0,980	0,905	12,504

Source: l'auteur dans AMOS 4

4.6 LES RÉSULTATS DES TESTS DE L'HYPOTHÈSE

Nous présentons dans ce paragraphe le modèle structurel des effets de l'absentéisme sur la performance intra et extra rôle:

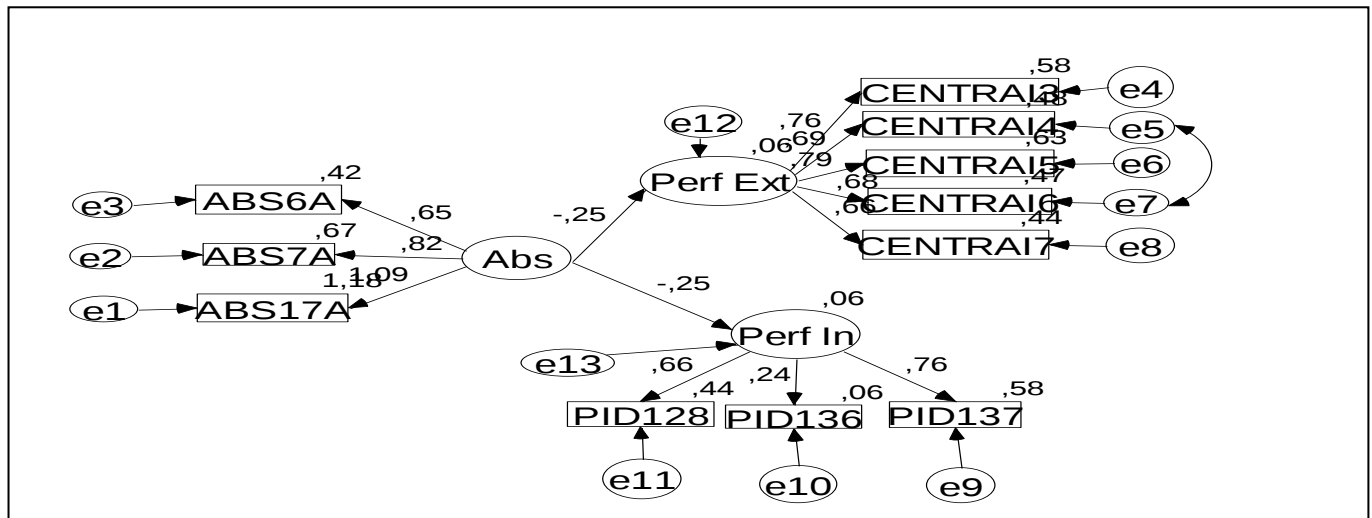


Fig. 3. Modèle structurel: effet de l'absentéisme sur la performance intra et extra rôle

Source: l'auteur dans AMOS 4

Tableau 5. Ajustement du modèle et paramètres estimés dans la phase maintien /retrait

Chi-square = 244.153; GFI= 0,921; AGFI=0,892; RMSEA=0,704

Degrees of freedom = 77; TLI=0,806; CFI=0,961

Probability level = 0.000; $X^2/df=3,171$; AIC=300,153

Regression Weights:

	Estimate	S.E.	C.R.	p	Label	Estimate
CENTRAI1 <---- Perf Ext	1,000					0,671
CENTRAI2 <---- Perf Ext	0,916	0,093	9,873	0,090	par-1	0,538
CENTRAI3 <---- Perf Ext	1,102	0,086	12,859	0,200	par-2	0,721

Source: l'auteur dans AMOS 4

5 INTERPRETATIONS DISCUSSIONS

5.1 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS DES EFFETS DE L'ABSENTÉISME SUR LA PERFORMANCE INTRA ET EXTRA RÔLE

Les indices du modèle structurel des effets de l'absentéisme sur la performance intra et extra rôle montrent que le modèle s'ajuste bien aux données avec des valeurs (AGFI =0,915 >0.90; RMSEA=0,013 <0.08; TLI=0,916 >0.90; CFI=0,963 >0.90; $X^2/df=8,212 > 5$ et le GFI= 0,985 >0.90. Ces indices sont satisfaisants car ils respectent les conditions de validation de l'AFE. Le résultat est globalement acceptable, l'hypothèse **H1 (l'absentéisme a un effet négatif sur la performance individuelle au travail dans les hôpitaux publics du Tchad)** est confirmée. En ce qui concerne les résultats des effets de l'absentéisme sur la performance intra rôle, nous obtenons un coefficient structurel standardisé de -4,516 avec une significativité à - 0,247 et un coefficient de régression de 0.485. Ce résultat valide l'hypothèse (**H1a**) émise par rapport aux effets négatifs de l'absentéisme sur la performance intra rôle. A la suite à ce résultat, nous pouvons affirmer que l'absentéisme du personnel soignant des hôpitaux publics du Tchad influence négativement la performance intra rôle de ces derniers. Pour ce qui concerne la performance extra rôle (**H1b**), nous obtenons le coefficient structurel standardisé de -5,106 et celui de régression est 0,390, il aussi significatif - 0,249. Nous pouvons aussi affirmer que l'absentéisme influence négativement la performance intra rôle. En résumé, nous affirmons que l'absentéisme a un effet négatif sur la performance individuelle au travail dans les hôpitaux publics du Tchad.

5.2 DISCUSSION DES RÉSULTATS RELATIFS À L'INFLUENCE DE L'ABSENTÉISME SUR LA PERFORMANCE INTRA ET EXTRA RÔLE

Les analyses effectuées nous ont permis de conclure que l'absentéisme influence négativement la performance intra et extra rôle. Ces résultats rejoignent les travaux antérieurs sur les déterminants de l'absentéisme qui sont susceptibles d'influencer la performance au travail. L'absentéisme est considéré comme une absence volontaire ou involontaire autorisée ou non autorisée. Comme mentionné plus haut dans cet article, il s'agit de l'absentéisme non autorisé, l'influence de celui sur la performance intra et extra rôle se comprend aisément. On peut expliquer par le fait que les employés présent feront face à un cumul de tâches (celles des absents et les tiennes), sachant le surcharge peut engendrer le stress. Carswell, Clarke et Seales (2005), Krause, Scherzer et Rugulies (2005) ont montré que la surcharge peut entraîner des conséquences sur la santé et la sécurité des personnes. Par ailleurs, en psychologie expérimentale, la charge mentale de travail réfère à l'identification des limites cognitives ou mentales qui affectent les performances humaines à l'égard du traitement de l'information (Leplat, 2000; Morris et Leung, 2006). En d'autres termes, l'employé qui fait face aux surcharges serait incapable d'exécuter les tâches intra et extra rôle. Et dans une organisation comme les hôpitaux ou le personnel soignant fait face déjà à des menaces verbales, des pressions dans l'exécution des tâches, des confrontations brusque et quotidienne avec la souffrance morale et physique des patients, le déséquilibre entre la vie personnelle et professionnelle et les horaires atypiques (travail de nuit) et si à cela doit s'ajouter les tâches des collègues absents, il ne sera pas évident pour ce dernier d'être performant. D'autres auteurs ont trouvé que les employés réguliers qui font face à ce problème du stress dû aux surcharges seraient susceptibles de s'absenter (Marshall, 2006). Nous sommes en face d'un circuit de dysfonctionnement qui peut atteindre plusieurs dimensions de l'organisation (les parties prenantes et l'entité elle-même) et dans une organisation hospitalière les conséquences de la sous performance sont fatales.

6 CONCLUSION

Cet article avait pour objet d'identifier les effets de l'absentéisme sur la performance intra et extra rôle chez le personnel soignant des hôpitaux publics du Tchad. Pour ce faire, une hypothèse a été émise et testée via l'analyse des équations structurelles. La validation de l'hypothèse procure les résultats suivants: l'absentéisme influence négativement la performance intra et extra rôle dans les hôpitaux publics du Tchad. Cependant, Cet article comporte certaine limite l'échantillon est certes représentatif mais sa taille est relativement faible. En dépit de cette limite, cette étude permettra aux dirigeants des ressources humaines de mieux gérer l'absentéisme de manière à diluer ses effets négatifs sur la performance au travail. Au-delà des Directeurs de Ressources Humaines (DRH), cette étude est aussi digne d'intérêt pour les patients en ce sens que la qualité des soins à leur apporter.

REFERENCES

- [1] Akibode-Pogon, L. (1994) Absentéisme professionnel et valeurs au travail: étude des déterminants sociodémographiques et attitudeux du travail (le cas de la République du Bénin). Thèse de doctorat non publiée, Université Paris X, Nanterre (France).
- [2] Barmby, T., Sessions, J. et Treble, J. (1994). « Absenteeism: efficiency wages and shirking », *Scandinavian Journal of Economics*, 96 (4), 561-566.
- [3] Behrend, H., « L'absentéisme dans l'industrie », *Revue Internationale du Travail*, fév. 1959.
- [4] Borman, W. c., et Penner, L. A. (2001). Citizenship performance: Its nature, antecedents, and motives. In B. W. Roberts et R. Hogan (Eds.), *Personality psychology in the workplace* (pp. 45-61). Washington, DC: American Psychological Association.
- [5] Campbell, J. P. (1990). Modeling the performance prediction problem in industrial and organizational psychology. Palo Alto: Consulting Psychologists Press.
- [6] Carswell, C. Melody, Duncan Clarke et W. Brent Seales. 2005. « Assessing Mental Workload during Laparoscopic Surgery ». *Surgical Innovation*, 12 (1), 80-90.
- [7] Depardieu et Lollivier (1985). « les facteurs de l'absentéisme », *Economie et statistique*, n° 176; pp. 15-26.
- [8] Douanla J. et al. (2020) « L'influence du soutien social des collègues sur la fidélité et l'implication organisationnelle: cas des établissements de micro finance de la région de l'ouest Cameroun », *Revue Internationale des Sciences de Gestion*, Numéro 3: Volume 4, pp: 647- 664.
- [9] Dubois P. (1977), « L'Absentéisme ouvrier dans l'industrie », Groupe de Sociologie du travail/CNRS Paris VII.
- [10] Estryn-Behar, Madeleine et Jean-Pierre Fouillot. 1990. « Étude de la charge physique du personnel soignant: analyse du travail des infirmières et aides-soignantes dans 10 services de soins ». Documents pour le médecin du travail.
- [11] Gaudine, A. et SAKS, M. 2001. « Effects on a absenteeism feedback intervention on employee absence behavior », *Journal of Organizational Behavior*, volume 22, numéro 1, pp. 15-29.
- [12] Harrison, D.A. et Martocchio, J.J. (1998). « Time for absenteeism: A 20-year review of origins, offshoots, and outcomes », *Journal of Management*, 24 (3), 305-350.

- [13] Ichino, A., et Moretti, E. (2009). « Biological Gender Differences, Absenteeism, and the Earnings Gap », *American Economic Journal: Applied Economics* 2009, volume 1, numéro 1, pp. 183-218.
- [14] Johns, G., et Nicholson, N. (1982). The meanings of absence: New strategies for theory and research ». In Staw, B.M. et Cummings, L.L. (Eds.). *Research in Organizational Behavior*, 4, 127-172, Greenwich, JAI Press.
- [15] Leplat, Jacques. 2000. *L'analyse psychologique de l'activité en ergonomie: aperçu sur son évolution, ses modèles et ses méthodes*. Toulouse: Octarès.
- [16] Marshal, K. (2006). En congé de maladie. L'emploi et le revenu en perspective (Statistique Canada), 7 (4), 16- 24.
- [17] Martocchio, J.J. et Jimeno, D.I. (2003). « Employee absenteeism as an affective event », *Human Resource Management Review*, 13, 227-241.
- [18] Motowidlo S. J. (2003), « Job performance », in Borman W. C., Ilgen D. R., Klimoski R. J., et Weiner I. B. (Eds.), *Handbook of psychology*, vol. 12, Industrial and organizational psychology, Hoboken, NJ: John Wiley et Sons.
- [19] Mowday, R. T., Porter, L. W., et Steers, R. M. (1982). *Employee-organization Linkages: The Psychology of Commitment, Absenteeism, and Turnover*. New York: Academic Press.
- [20] Nicholson, N., Brown, C. A., Chadwick-Jones, J. K. (1976). « Absence from Work and Job Satisfaction ». *Journal Of applied Psychology*, Vol. 62, Pp. 319-327.
- [21] Steel, R.P. (2003), Methodological and operational issues in the construction of absence variables, *Human Resource Management Review*, 13 (2), 243-251.
- [22] Steers, R. M., et Rhodes, S. R. (1978). Major Influences On Employee Attendance: A Process Model. *Journal Of Applied Psychology*, 63 (4), 391-407.
- [23] Tremblay, H. (2007). « L'influence des caractéristiques de la main-d'oeuvre sur l'absentéisme au travail l'effet modérateur du contexte des ressources humaines ». Pp. 22-23.
- [24] Williams, J. et Anderson, S. (1991). Job satisfaction and organizational commitment as predictors of organizational citizenship and in role behaviours. *Journal of Management*, 17, 601-617.

Evaluation à long terme de l'impact de la dynamique de l'occupation des sols sur les écoulements dans le bassin versant du Haut Bandama (Nord Côte d'Ivoire)

[Long-term evaluation of the impact of land use dynamics on runoff in the Haut Bandama watershed (Northern Ivory Coast)]

Ouede Gla Blaise¹, Kouadio Zilé Alex¹, Yao Affoué Berthe¹, Kouassi Kouakou Lazare¹, and Diedihou Arona²

¹Geoscience et environnement, Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

²Institut de Recherche et de Développement (IRD), Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 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: Land use changes are mainly driven by human activities and climate change. Uncontrolled land use can alter surface runoff and affect several sectors of activity such as agriculture, hydropower, drinking water supply, sanitation, etc. The main objective of this study is to assess the influence of changes in land surface conditions on runoff in the Haut Bandama catchment. For this purpose, LANDSAT satellite images from 1990, 2006 and 2020 were used. These images were processed by the maximum likelihood supervised classification method under ENVI to establish the land use maps. Based on the past land use trends, a future prediction (2035 and 2050) is made using the Land Change Modeler. The diachronic analysis of the land use maps for the period 1990-2020 showed a decline in the area of forest and savannah patches, followed by that of water bodies. Conversely, the area of built-up and bare land as well as crops and fallow land is increasing. The same dynamics are predicted for the 2035 and 2050 horizons, where the savannah class dominates most of the net changes. The dynamics of the land surface condition has led to an increase in the runoff coefficient from 1990 to 2020 from 18.5% to 30.7% respectively. This evolution continues until 2050 with 34.5% in 2035 and 36.4% in 2050.

KEYWORDS: Land use, runoff, LCM, Upper Bandama catchment, Ivory Coast.

RESUME: Les changements d'occupation des sols ont pour principaux facteurs les activités anthropiques et le changement climatique. La non maîtrise du mode d'occupation des sols peut modifier les écoulements de surface et affecter plusieurs secteurs d'activité tels que l'agriculture, l'hydroélectricité, l'approvisionnement en eau potable, l'assainissement, etc. Cette étude a pour objectif principal d'évaluer l'influence des mutations de l'état de surface du sol sur le ruissellement du bassin versant du Haut Bandama. Pour ce faire, des images satellitaires LANDSAT de 1990, 2006 et 2020 ont été utilisées. Ces images ont été traitées par la méthode de classification supervisée du maximum de vraisemblance sous ENVI pour établir les cartes d'occupation du sol. Sur la base des tendances d'occupation des sols passées, une prédiction future (2035 et 2050) est faite à l'aide du modèle Land Change Modeler. L'analyse diachronique des cartes d'occupation des sols de la période 1990-2020 a permis d'observer une régression de la superficie des lambeaux de forêts et de savanes, suivie de celle des plans d'eau. A l'inverse, la superficie des bâtis et sols nus ainsi que des cultures et jachères sont en augmentation. Cette même dynamique est prédite aux horizons 2035 et 2050 où la classe de savane est prépondérante dans la plupart des changements nets. La dynamique de l'état de surface des sols a entraîné une augmentation du coefficient de ruissellement de 1990 à 2020 qui passe de 18,5% à 30,7% respectivement. Cette évolution se poursuit jusqu'à l'horizon 2050 avec 34,5% en 2035 et 36,4% en 2050.

MOTS-CLEFS: Occupation des sols, ruissellement, LCM, bassin versant du haut Bandama, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Le constat est le même partout, les ressources naturelles que disposent la terre sont de plus en plus menacées par les changements climatiques et les pressions humaines. Les aires protégées, qui regorgent la plupart du temps d'importantes valeurs naturelles et culturelles, subissent d'énormes pressions anthropiques qui dégradent leur intégrité [1].

Bien qu'il existe des facteurs naturels favorisant la dynamique des milieux comme les variations du couvert végétal l'homme à travers ses différentes activités en est depuis un certain moment le principal déclencheur de la transformation dont font actuellement objet les écosystèmes [2].

L'Afrique subsaharienne, particulièrement la Côte d'Ivoire doit en grande partie son économie à l'agriculture. Pour subvenir à leurs besoins croissants, les populations rurales, pauvres dans leur majorité, n'ont d'autres choix que d'étendre leurs zones de culture au détriment des zones boisées qui ont un rôle multiple. A savoir l'atténuation du changement climatique par la séquestration du carbone, la protection des sols contre les facteurs de l'érosion éolienne et hydrique, la conservation des habitats naturels et bien d'autres services écosystémiques [3]. Cette pression va encore augmenter avec la forte croissance démographique, la nécessaire croissance de la production agroalimentaire, le développement industriel et l'amélioration des conditions de vie des populations [4]. Au Nord de la Côte d'Ivoire, précisément dans le bassin versant du Haut Bandama, la Sucrerie d'Afrique-Côte d'Ivoire (SUCAF-CI) et la coopérative des planteurs de canne à sucre villageoise de Ferkessédougou veulent étendre leurs superficies agricoles pour juguler l'insatisfaction de la demande nationale en sucre. La culture de la canne à sucre est l'une des principales activités des populations du bassin versant du Haut Bandama. Pour un bon développement, les cultures en général et particulièrement la canne à sucre ont fortement besoin d'eau et de température optimale [5] dont les fluctuations sont tributaires de la dynamique des milieux [6]. Ainsi, l'étude de la dynamique de l'occupation des sols et de son impact sur les écoulements à travers l'analyse diachronique multi-dates des cartes d'occupation du sol et de l'évolution des coefficients de ruissellement s'avère de plus en plus indispensable, à la fois pour la connaissance d'un territoire et pour son aménagement [7]. Cette étude a pour objectif d'analyser les mutations de l'état de surface du sol et d'évaluer son influence sur la réponse hydrologique du bassin versant du Haut Bandama à long terme.

2 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude est un sous bassin du fleuve Bandama dénommé bassin versant du Haut Bandama avec pour exutoire la station hydrométrique de la route Korhogo-Badikaha. Le bassin versant du Haut Bandama est situé entre les longitudes 5°00' et 6°16'Ouest et les latitudes 9°09' et 10°15' Nord (Figure 1). Il s'étend sur les régions du Poro, du Tchologo et une partie de la Bagoué avec une superficie estimée à 9 688 km², et représente environ 10% du bassin versant entier du Bandama. Les principales activités menées dans cette partie de la Côte d'Ivoire sont l'agriculture (canne à sucre, maraîchers etc.), l'exploitation minière (mine d'or de Tongon etc.) et la pêche.

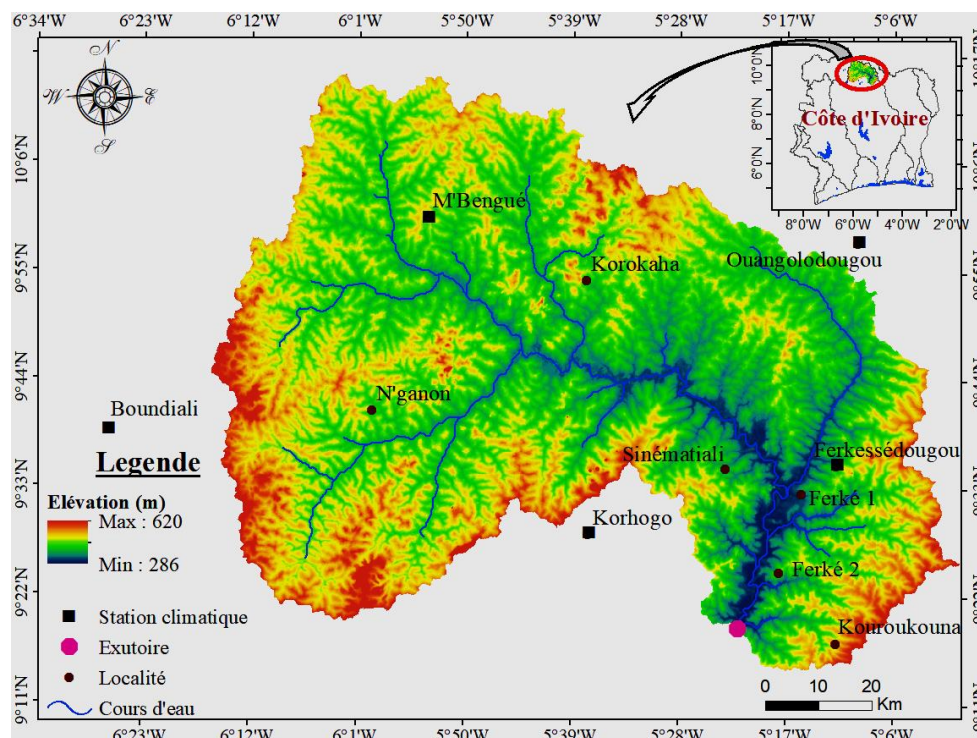


Fig. 1. Bassin versant du Bandama blanc

Le bassin versant du Haut Bandama est sous l'influence du régime tropical de transition caractérisé par deux saisons [8]: une saison des pluies d'avril à octobre avec des précipitations moyennes mensuelles variant entre 127,6 et 248 mm, une saison sèche de novembre à mars avec des pluies moyennes mensuelles variant entre 1,9 et 49 mm. Les températures moyennes mensuelles varient entre 25°C en Août et 29°C en Avril (Figure 2). Le bassin versant abrite des complexes sucriers appartenant à l'entreprise Agroalimentaire SUCAF-CI créés en 1997 à la suite du programme de restructuration et de privatisation du secteur sucrier ivoirien. La SUCAF-CI est composée de deux sucres (Ferké 1 et Ferké 2) situées à 40 km l'une de l'autre. La production du sucre de canne provient aussi bien des plantations industrielles (12 000 ha) que des plantations villageoises (2 500 ha).

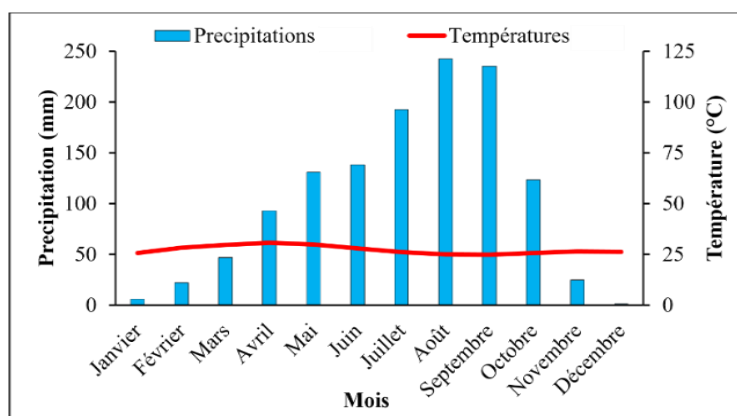


Fig. 2. Diagramme ombrothermique sur la période 1986-2016

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 MATÉRIEL

Le matériel utilisé est constitué d'un GPS (*Global Positioning System*), pour enregistrer les coordonnées géographiques; un appareil photo numérique pour les prises de vues sur le terrain. Les logiciels utilisés sont: ENVI (*Environment for Visualizing*

Images) pour le traitement numérique des images satellitaires, Land Change Modeler pour les prédictions et les applications SIG (Systèmes d'Information Géographique) et ArcGis pour les réalisations cartographiques.

Les données utilisées concernent les images Landsat TM, ETM+ et OLI TIR de résolution spatiale 30 m respectivement des années 1990, 2006 et de 2020 pour la cartographie (tableau 1) et la quantification de la dynamique de l'occupation des sols. Ces images sont téléchargées sur le site internet Earthexplorer (<http://earthexplorer.usgs.gov>). Un modèle numérique de terrain (MNT) a été également téléchargé sur ce site pour la détermination des variables explicatives.

Tableau 1. *Caractéristiques des images satellitaires utilisées*

Capteur	Résolution	Bandes spectrales	Longueur d'onde
Landsat ETM Landsat ETM+ Landsat 8 OLI+	30	2- Vert (visible)	0,52 - 0,60
	30	3- Rouge (visible)	0,63 - 0,69
	30	4- Infrarouge proche	0,76 - 0,90
	30	5- Infrarouge moyen 1	1,55 - 1,75
	30	6- Infrarouge moyen 2	1,566 - 1,651

3.2 MÉTHODES

3.2.1 DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DES SOLS SUR LA PÉRIODE 1990-2020

- **Prétraitement**

Le mosaïquage s'est avéré nécessaire étant donné que la zone d'étude est couverte par 3 scènes d'images Landsat (197-053, 197-054 et 198-053 correspondant à la même période). Il a consisté à juxtaposer les bandes identiques des scènes entre elles pour former une plus grande. Les images ont d'abord été rehaussées dans le but d'uniformiser les teintes des bandes spectrales [9]. Le secteur d'étude est extrait à partir des images mosaïquées.

- **Traitement**

Des compositions colorées ont été réalisées en combinant les bandes 4-3-2 des images Landsat TM et 6-5-4 pour les ETM+ et OLI TIRS. L'objectif est d'avoir une synthèse d'informations pour une bonne discrimination des unités d'occupation des sols [10]. De plus, l'interprétation visuelle des images permettra d'établir la relation entre le terrain et l'image dans l'identification des différentes classes sur les images. La connaissance du secteur d'étude a guidé le choix de la méthode de classification en faveur de la classification supervisée.

- **Classification supervisée**

Dans la méthode de classification supervisée, les parcelles d'entraînement sont définies par les RDI (Régions D'Intérêts). Les RDI sont des portions d'images sélectionnées par l'utilisateur. Chaque RDI représente une catégorie thématique qui peut comprendre un ou plusieurs échantillons. Ces derniers sont les clés d'interprétation des images. Ils sont déterminés sur la base des données d'observation, des données auxiliaires et des connaissances de l'analyste pour la zone d'étude. Les étapes de la démarche de classification de l'occupation des sols sont détaillées à la figure 3.

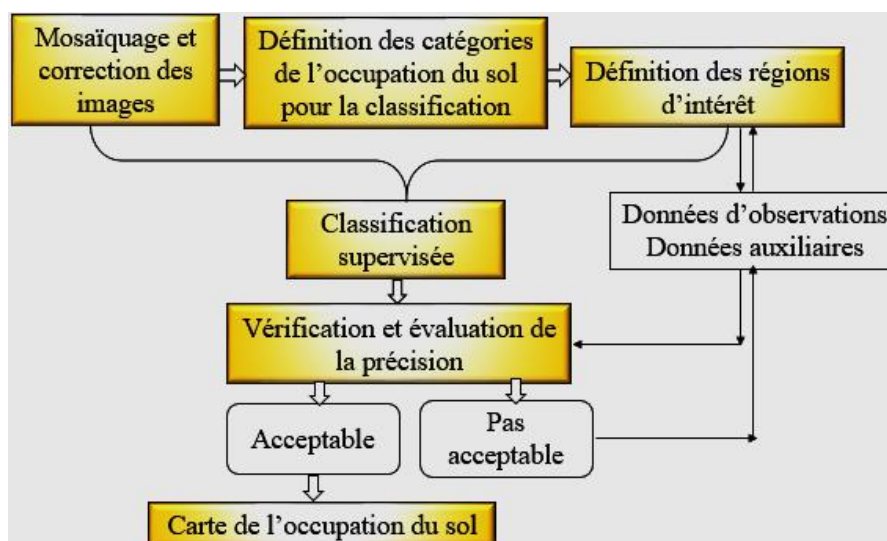


Fig. 3. Organigramme de la méthode de classification de l'occupation des sols

• Calcul du taux d'évolution

La dynamique de chaque catégorie d'occupation des sols sera appréciée en calculant le taux d'évolution $E_{(i,k)}$ des superficies d'occupation des terres. Soit S_i la superficie d'une catégorie d'occupation des terres de l'année i et S_k , celle d'une catégorie d'occupation des terres de l'année k , avec $k > i$ et $E_{(i,k)}$ se calcule selon l'équation 1:

$$E_{(i,k)} = \frac{S_k - S_i}{S_i} \times 100 \quad \rightarrow (1)$$

Si $E_{(i,k)} = 0$, on conclut qu'il y a stabilité de cette catégorie d'occupation des terres;

Si $E_{(i,k)} < 0$, on conclut qu'il y a régression de cette catégorie;

Si $E_{(i,k)} > 0$, il y a extension ou évolution de cette catégorie.

La tendance spatiale de l'occupation des terres est évaluée avec l'outil de tendance spatiale de Land Change Modeler. Elle consiste à cartographier la conversion d'une ou plusieurs classes à une autre (à travers les indices de transition) suivant une fonction polynomiale. Land Change Modeler utilise une fonction polynomiale du troisième degré pour cartographier les indices de transition de chaque classe [11].

• Validation des résultats de la classification de l'occupation des sols

La validation des cartes réalisées est effectuée par comparaison des résultats classifiés de l'occupation des sols avec les données de références (observations de terrain) et également par une analyse des précisions. Le résultat de la classification est considéré comme acceptable si le pourcentage du nombre total de pixels correctement classifiés est supérieur à 85%. De même le coefficient Kappa doit être supérieur à 0,80 [12].

• Modélisation prédictive de l'occupation des terres aux horizons 2035 et 2050

Le changement de l'occupation des sols est un résultat de l'interaction complexe entre les facteurs physiques et humains [13] et [14]. Les changements historiques sont d'abord déterminés à partir d'une série multi-temporelle de cartes de l'occupation des sols (carte de 1990 et 2006). Puis, les facteurs les plus significatifs appelés variables explicatives (tableau II) dans ces changements sont déterminés. Ces changements historiques et les sources d'informations décrivant les variables explicatives sont intégrés pour modéliser l'évolution de l'occupation des sols avec la régression logistique (ReLog) ou le Perceptron Multi-Couche (PMC). La troisième étape consiste à appliquer la chaîne de Markov afin de produire une prédiction à court, moyen et long terme de l'occupation des sols du bassin versant du Haut Bandama. La dernière étape consiste à valider le modèle en comparant la carte prédictive (carte simulée 2020) à celle réelle (carte observée 2020) pour la même date. Les

étapes de la modélisation prédictive de l'occupation des sols à l'aide du module LCM sont donc structurées selon la figure 4 ci-dessous.

Tableau 2. Variables explicatives pour la modélisation prédictive

	Type de données	Description et source
Cartes historiques	Cartes d'occupation des sols de 1990, 2006 et 2020	Réalisées à partir des images Landsat de 1990, 2006 et 2020
Variables explicatives	Carte de distance aux cours d'eau	Définie à partir du réseau hydrographique
	Carte de distance au réseau routier	Définie à partir du réseau routier
	Carte de distance aux localités	Définie à partir des zones urbanisées
	Carte du relief	A partir du MNT
	Carte de pente	A partir du MNT

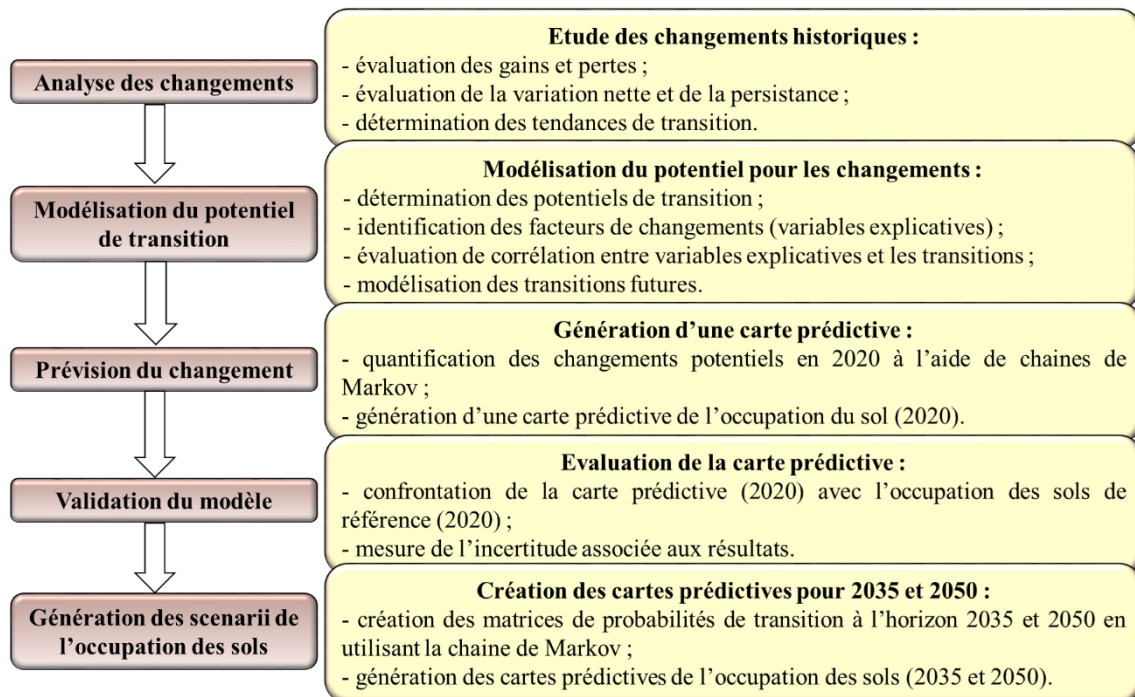


Fig. 4. Etapes de la prédiction de l'occupation des sols à l'aide de LCM [15]

3.2.2 ÉVALUATION DE L'IMPACT DE LA DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DE L'OCCUPATION DES SOLS SUR LES ÉCOULEMENTS

L'impact de la dynamique spatio-temporelle de l'occupation des sols a été appréhendé à travers l'évolution du coefficient de ruissellement. Le coefficient de ruissellement représente le rapport de la fraction d'eau de la pluie ruisselée par rapport à l'eau précipitée. Il est fonction de l'état de surface et de l'importance des précipitations. Les coefficients de ruissellement (K_{ri}) établis par les auteurs tels que [16], [17] and [18] sur des bassins versants expérimentaux en fonction des catégories d'occupation des sols sont utilisés. Ensuite, à chaque état de surface, un coefficient de ruissellement est attribué tenant compte de la connaissance approfondie de la zone d'étude. Le coefficient de ruissellement moyen annuel du bassin versant du Haut Bandama est ensuite déterminé par pondération des surfaces des classes d'occupation des sols à partir de l'équation 2:

$$K_r = \frac{\sum K_{ri} A_i}{\sum A_i} \rightarrow (2)$$

Avec:

K_{ri} : coefficient de ruissellement de l'état de surface i

A_i : Superficie occupée par la classe d'occupation du sol i dans le bassin versant

K_r : Coefficient de ruissellement moyen annuel du bassin versant

4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1 RÉSULTATS

4.1.1 VALIDATION DES RÉSULTATS DE LA CLASSIFICATION DE L'OCCUPATION DES SOLS

La matrice de confusion pour l'évaluation de la classification de l'occupation des sols de 1990 montre qu'au total 1 197 pixels de l'image sont évalués (tableau III). Parmi ces pixels, 1 148 pixels de la carte de 1990 sont en accord avec ceux de l'image de référence, soit une précision globale d'environ 95,9 %.

Tableau 3. *Matrice de confusion pour la classification de l'occupation des sols de 1990*

1990		Données de référence							Précision (%)
		Lambeau de forêt	Savane	Culture ou jachère	Bâti ou sol nu	Zone humide	Plan d'eau	Total	
Données classifiées	Lambeau de forêt	132	0	1	0	10	0	143	92,3
	Savane	0	175	0	4	1	4	184	95,11
	Culture ou jachère	17	0	59	0	0	0	76	77,63
	Bâti ou sol nu	0	0	0	119	0	0	119	100
	Zone humide	0	0	0	0	216	11	227	95,15
	Plan d'eau	0	0	0	0	11	447	458	97,59
	Total	149	175	60	123	228	462	1 197	

En ce qui concerne la classification de l'occupation des sols de 2006, un ensemble de 1 484 pixels a été testé pour évaluer sa précision dont 1 471 pixels sont bien classifiés soit une précision globale de 99,12 % (Tableau IV).

Tableau 4. *Matrice de confusion pour la classification de l'occupation des sols de 2006*

2006		Données de référence							Précision (%)
		Lambeau de forêt	Savane	Culture ou jachère	Bâti ou sol nu	Zone humide	Plan d'eau	Total	
Données classifiées	Lambeau de forêt	227	0	0	0	0	3	230	98,6
	Savane	0	244	0	0	0	0	244	100
	Culture ou jachère	0	0	213	0	0	0	213	100
	Bâti ou sol nu	0	0	0	286	0	0	286	100
	Zone humide	0	0	0	0	177	9	186	95,16
	Plan d'eau	0	0	0	0	1	324	325	99,69
	Total	227	244	213	286	178	336	1 484	

La matrice de confusion et la précision individuelle des catégories d'occupation des sols de 2020 sont consignées dans le tableau V. Dans ce tableau, 1 466 pixels classifiés sont comparés avec ceux de l'image de référence. Parmi eux, 1 436 pixels soit environ 97,95 % des pixels sont en bon accord.

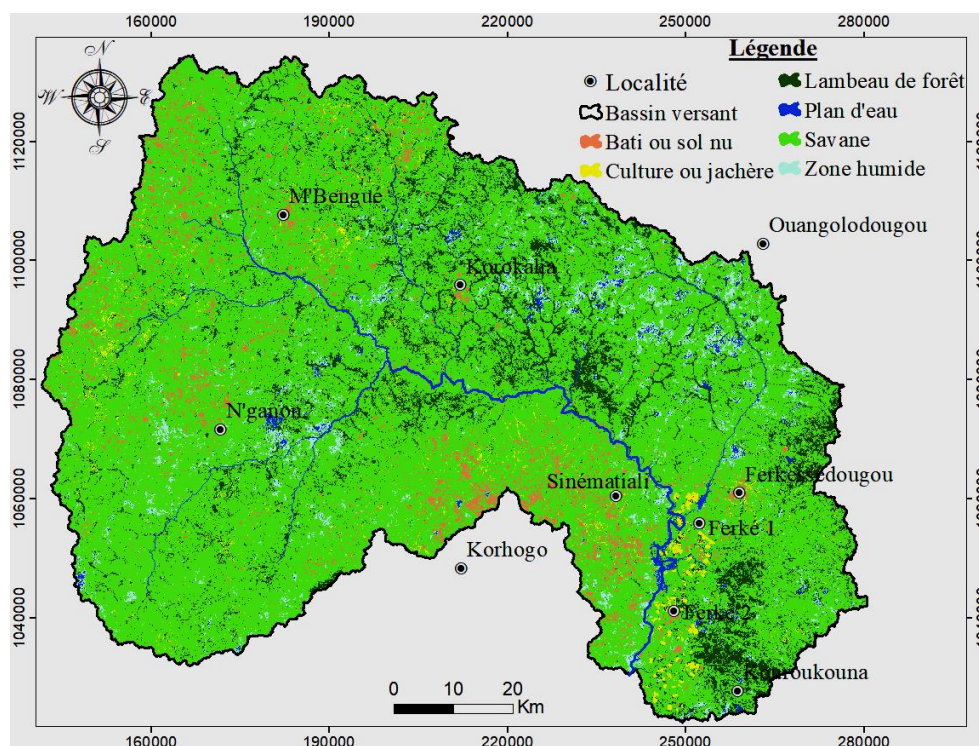
Tableau 5. Matrice de confusion pour la classification de l'occupation des sols de 2020

2020		Données de référence							Précision (%)
		Lambeau de forêt	Savane	Culture ou jachère	Bâti ou sol nu	Zone humide	Plan d'eau	Total	
Données classifiées	Lambeau de forêt	303	0	0	0	0	1	304	99,67
	Savane	2	225	0	14	0	1	242	92,97
	Culture ou jachère	0	0	263	0	0	0	263	100
	Bâti ou sol nu	0	0	0	329	0	1	330	99,69
	Zone humide	0	0	0	2	97	3	102	95,09
	Plan d'eau	0	0	0	0	6	219	225	97,33
	Total	305	225	263	345	103	225	1 466	

Le tableau VI présente les précisions globales et les coefficients Kappa obtenus à partir des résultats d'analyse des matrices de confusion. Les précisions globales et les coefficients de Kappa des cartes réalisées sont supérieurs à la valeur recommandée (de 85% et 0,80 respectivement) qui sont dans l'ordre de 0,94 à 0,98. Les précisions obtenues permettent de dresser les cartes de l'occupation des sols pour les années 1990, 2006 et 2020 (respectivement figure 5, Figure 6 figure 7).

Tableau 6. Précision globale des cartes de l'occupation des sols

Occupation du sol	1990	2006	2020
Précision globale (%)	95,90	99,12	97,95
Coefficient Kappa	0,95	0,99	0,98


Fig. 5. Cartes de l'occupation des sols du bassin versant du Haut Bandama de 1990

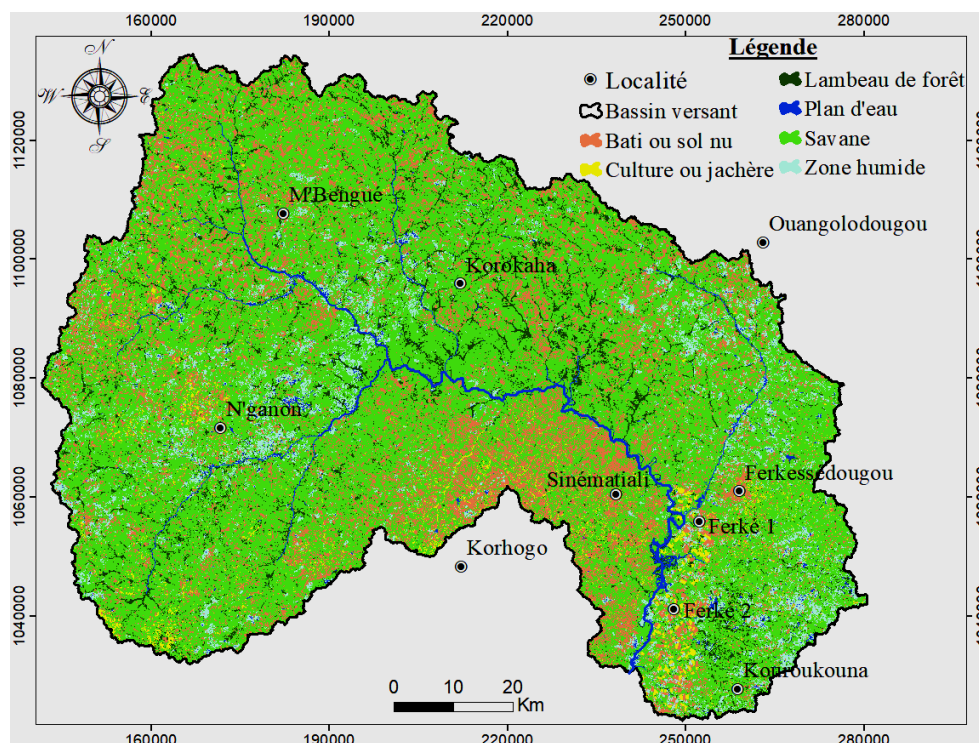


Fig. 6. Cartes de l'occupation des sols du bassin versant du Haut Bandama de 2006

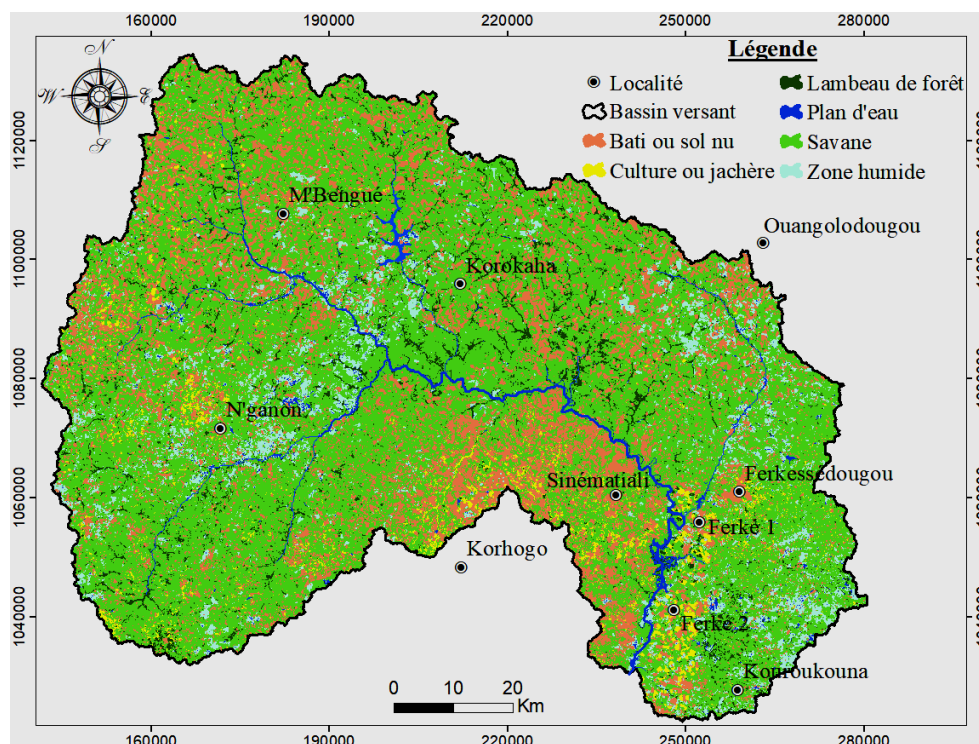


Fig. 7. Cartes de l'occupation des sols du bassin versant du Haut Bandama de 2020

4.1.2 ANALYSE DIACHRONIQUE DE LA DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DES SOLS

• Dynamique de l'occupation des sols de la période 1990-2006

Les pourcentages de changement observés entre 1990 et 2006 montrent que les classes de culture ou jachère, des zones humides et des bâtis ou sol nu, présentent une importante progression (Tableau VII). Les autres changements sont relativement importants tels que la diminution des surfaces des lambeaux de forêt (-48,89 %), des savanes (-14,88 %) et des plans d'eau (-4,80 %).

Tableau 7. *Changement de l'occupation du sol entre 1990-2006*

	1990	2006	Gain et perte (km ²)	Gain et perte (km ²) (%)
Lambeau de forêt	1034,08	528,48	-505,6	-48,89
Savane	7722,91	6573,29	-1149,62	-14,88
Culture ou jachère	155,92	203,38	47,46	30,44
Bâti ou sol nu	332,56	1662,91	1330,35	400,03
Zone humide	338,43	619,66	281,23	83,10
Plan d'eau	104,95	99,91	-5,04	-4,80

• Dynamique de l'occupation des sols sur la période 2006-2020

La période 2006-2020 est marquée par une stabilité des zones humides et les plans d'eau (figure 5). Cependant, le tableau VIII montre que les terres cultivées ou en jachères et les zones bâtis ou sols nus présentent de légères progressions, avec la totalité de changements respectifs de 34,32 % et de 22,43 %. L'occupation du sol pendant cette période enregistre une diminution des classes des zones humides (-0,57 %), des savanes (-3,65 %), des plans d'eau (-11,65 %) et en particulier de la classe des lambeaux de forêt (-35,5 %).

Tableau 8. *Changement de l'occupation des sols entre 2006-2020*

	2006	2020	Gain et perte (km ²)	Gain et perte (km ²) (%)
Lambeau de forêt	528,48	340,85	-187,63	-35,5
Savane	6573,29	6333,31	-239,98	-3,65
Culture ou jachère	203,38	273,19	69,81	34,32
Bâti ou sol nu	1662,91	2035,89	372,98	22,43
Zone humide	619,66	616,14	-3,52	-0,57
Plan d'eau	99,91	88,26	-11,65	-11,66

• Bilan de la dynamique de l'occupation des sols dans le bassin versant du Haut Bandama

La figure 8 résumant respectivement des superficies, les gains et pertes et les taux d'évolution des superficies des classes sur les périodes 1990-2006 et 2006-2020. On peut observer que sur les deux périodes considérées, la surface des lambeaux de forêt présente une diminution d'environ 48,89 % et 35,5 % respectivement sur les périodes 1990-2006 et 2006-2020. Durant ces deux périodes, la catégorie qui a progressé le plus est celle des bâtis ou sols nus, surtout sur la période 1990-2006 avec un gain de plus de 1 300 Km² par rapport à sa superficie initiale.

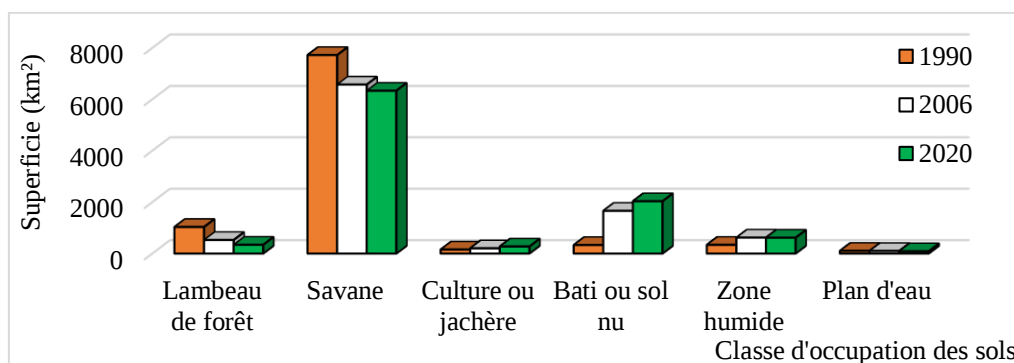


Fig. 8. Dynamique de l'occupation des sols bassin versant du Haut Bandama de 1990 à 2020

4.1.3 OCCUPATION DES SOLS DU BASSIN VERSANT DU HAUT BANDAMA SUR LA PÉRIODE 2020-2050

4.1.3.1 ANALYSE DU CHANGEMENT DE L'OCCUPATION DES SOLS À L'AIDE DU MODÈLE LCM

Les figures 9 et 10 présentent respectivement les changements globaux et nets de l'occupation des sols sur la période 1990-2006. Elles montrent que la plupart des catégories ont des gains et des pertes: les zones de lambeaux de forêt et de savanes ont nettement régressé tandis que les zones de bâtis ou sols nus, les zones de cultures ou jachères et les zones humides ont nettement progressé. La superficie des plans d'eau ne semble pas évoluer. Ces graphiques montrent que le modèle LCM traduit bien la dynamique observée sur la période 1990-2006.

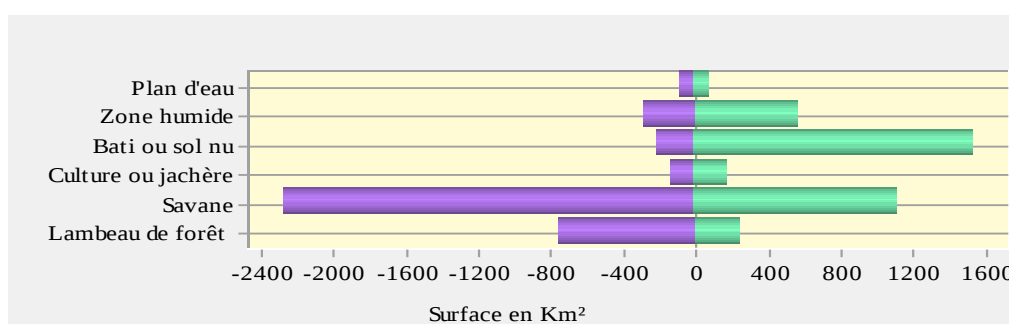


Fig. 9. Gains et pertes en Km² de l'occupation des sols entre 1990 et 2006

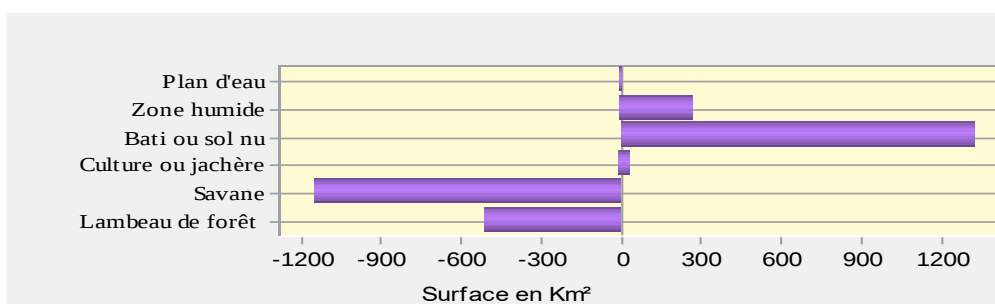


Fig. 10. Changement net de l'occupation des sols entre 1990 et 2006

La classe de savane présente la plus forte contribution dans la plupart des changements nets des catégories d'occupation des sols, suivi des bâtis ou sols nus (Figure 11). Toutefois, il existe des transitions potentielles des lambeaux de forêt vers les savanes. On note des transitions potentielles sur le bassin entre la classe des bâtis et sols nus et la classes de savanes. La classe des bâtis et sols nus augmentent de superficie au détriment de la classe des savanes. Également, les cultures et jachères perdent leur superficie au profit des savanes tandis que les plans d'eau régressent au profit des bâtis et sols nus. Au niveau des

classes des bâtis et sols nus, on assiste à une perte des surfaces au profit des classes de savane. De même les zones humides régressent au profit des classes de savane.

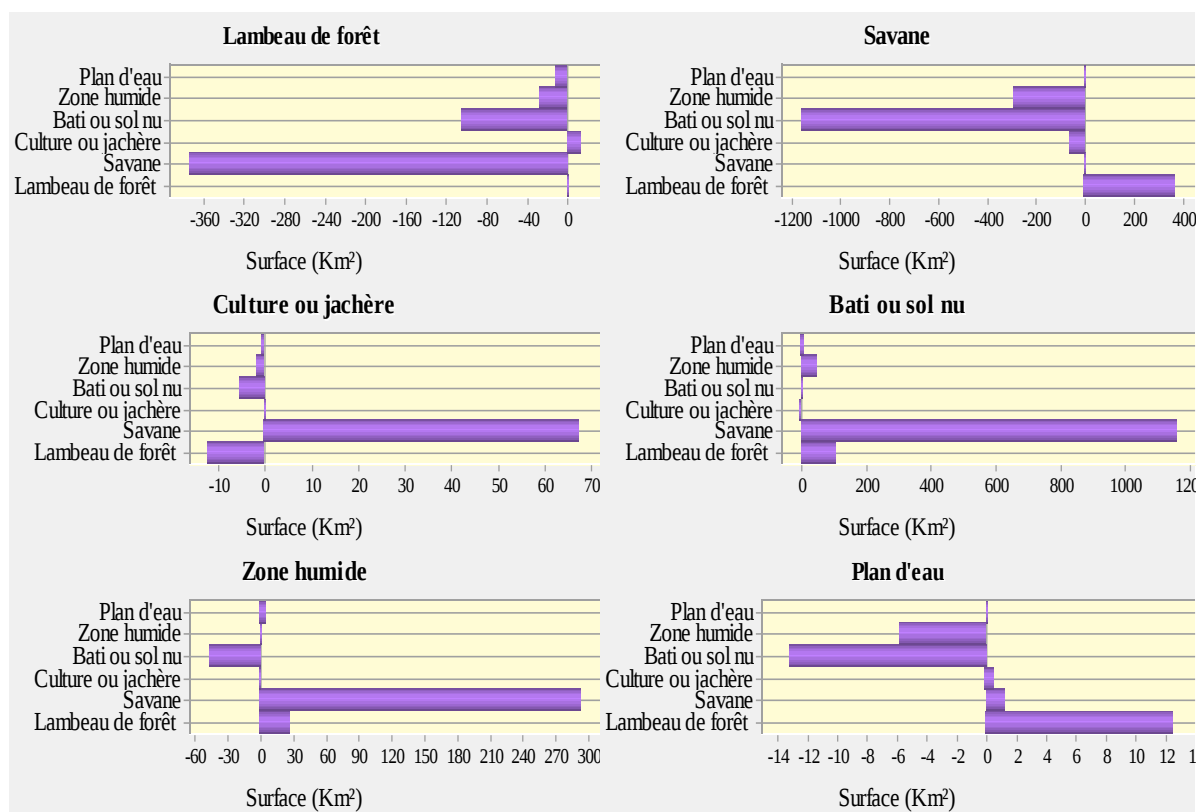


Fig. 11. Contributions du changement net des catégories de l'occupation des sols de 1990 à 2006

Les figures 12, 13 et 14 présentent la cartographie de la tendance des indices de transitions des catégories de l'occupation des sols entre 1990 et 2006. Dans ces figures, la couleur rouge foncé indique les plus fortes transitions des catégories. A l'inverse, la couleur vert foncé montre qu'aucun changement n'a eu lieu. Les transitions des bâtis et sols nus (Figure 12) sont très importantes dans la partie Nord-Ouest et Ouest du bassin versant et tend vers les localités de M'bengué et N'ganon pour arriver dans zone de Sinématiali et Korhogo (avec Les indices 0,014 à 0,044). Cette transition se ressent mais faiblement dans la zone du complexe sucrier de Ferkessédougou. Au niveau de la catégorie des classes de culture ou jachère (Figure 13) les transitions ont lieu à l'extrême Ouest et le Nord-Ouest du bassin versant passant par M'bengué avec moins d'intensité. Cependant au Sud du bassin dans la zone du complexe sucrier de Ferké 1 et 2, la tendance générale de transition des cultures ou jachères montre de forts changements avec des indices compris entre 0,017 et 0,030.

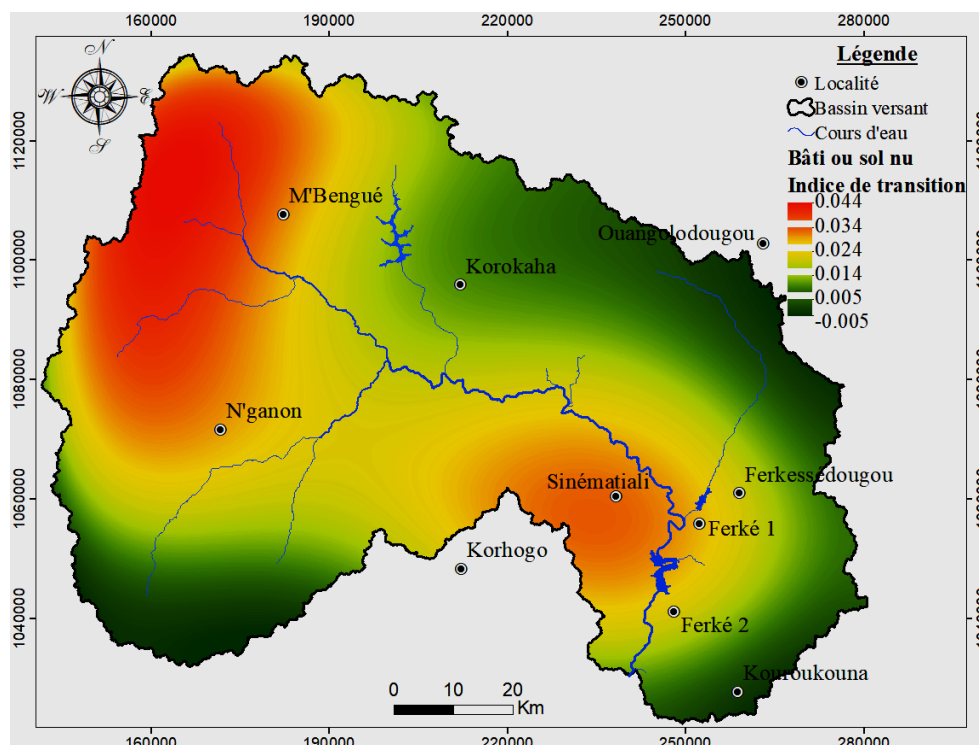


Fig. 12. Tendence du changement global des bâtis ou sols nus sur la période 1990-2006

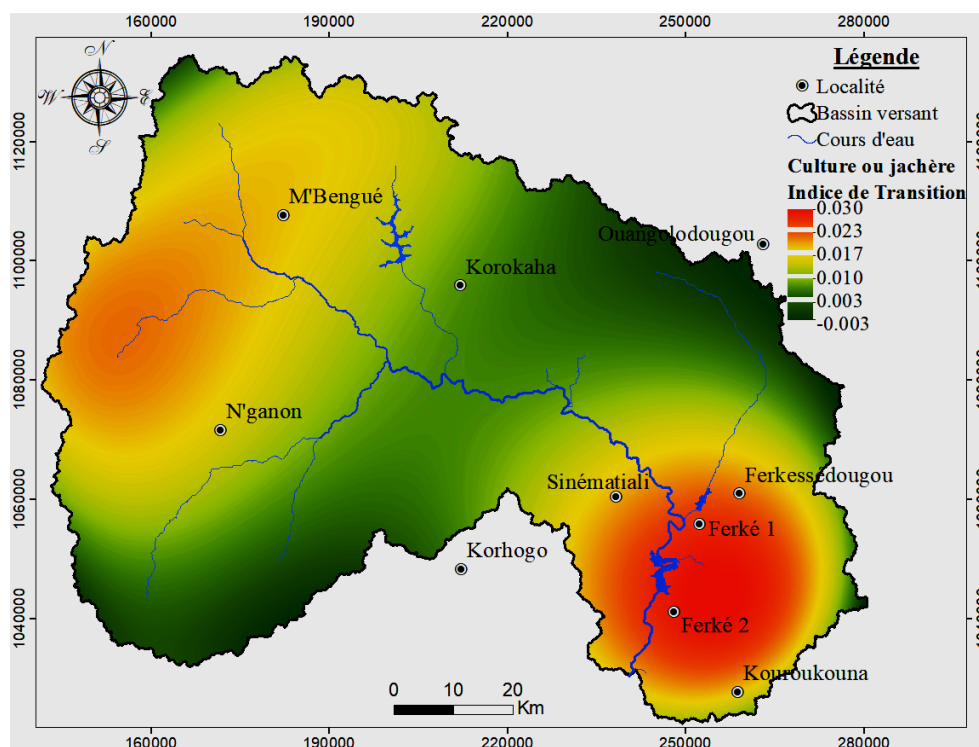


Fig. 13. Tendence du changement global des cultures ou jachères sur la période 1990-2006

Les transitions générales des lambeaux de forêt (Figure 14) ont lieu dans le Nord, dans l'Est et Sud-Est du bassin versant. Les indices de transition y sont dans l'ordre de 0,044 à 0,149. La figure 15 montre la transition globale de la classe des plans d'eau au Nord dans les localités de Korokaha et Ouangolodougou avec des indices (compris entre 0,015 et 0,149) inférieurs à ceux des lambeaux de forêt.

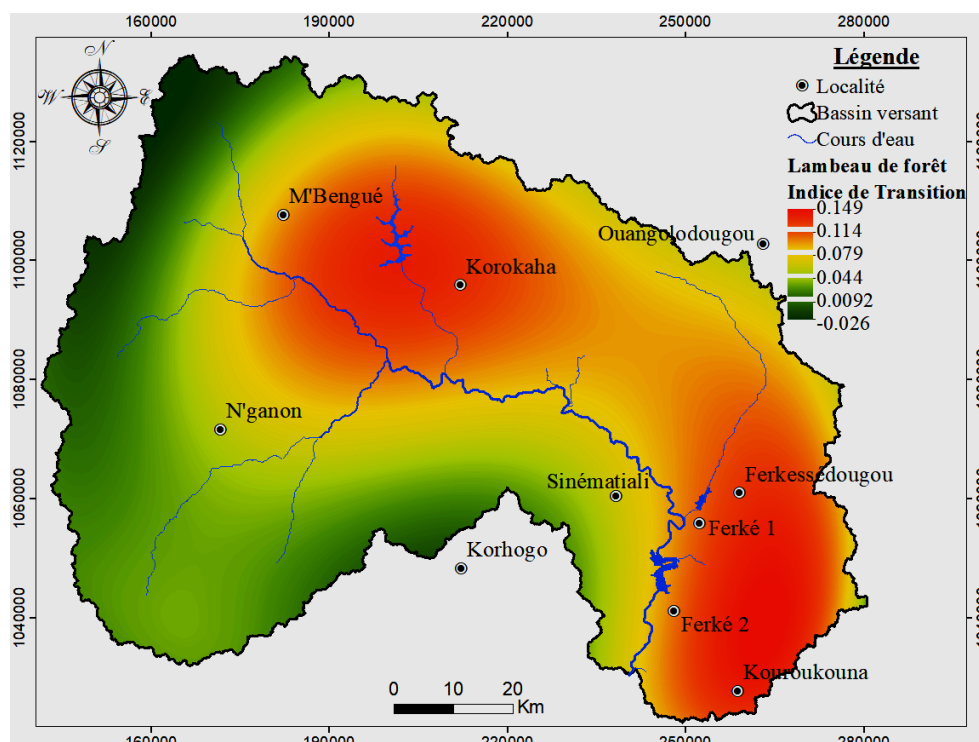


Fig. 14. Tendance du changement global des lambeaux de forêt sur la période 1990-2006

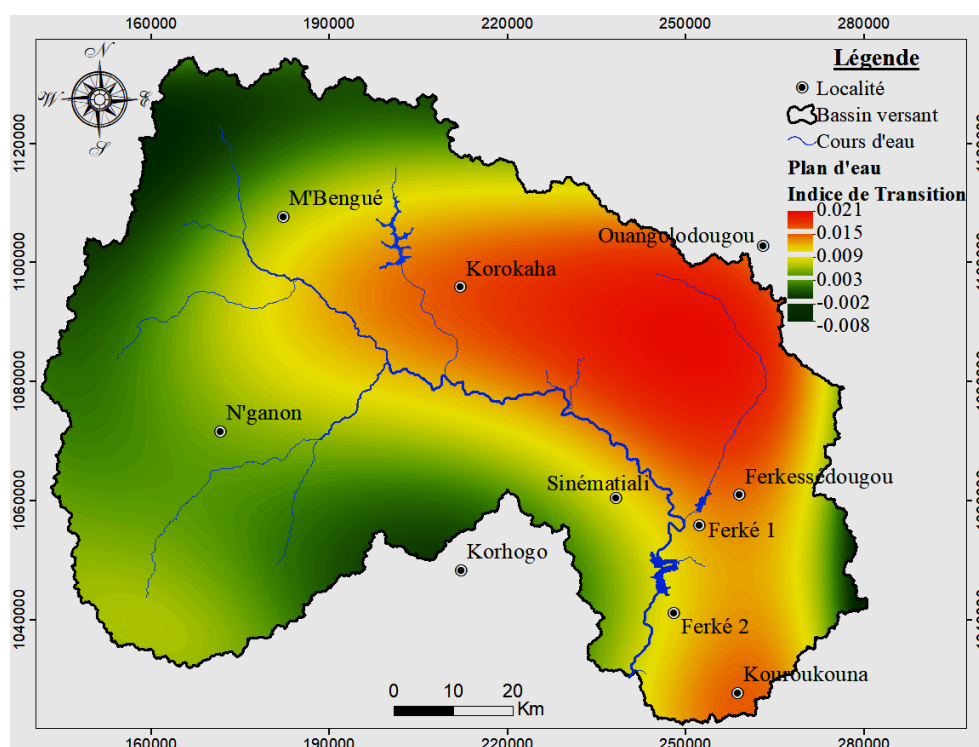


Fig. 15. Tendance du changement global des plans d'eau sur la période 1990-2006

A la figure 16, les indices de transition des savanes montrent que la plus forte transition de la classe des savanes à lieu dans l'Ouest du bassin. Cette transition est observée également au Sud-Est, touchant le complexe sucrier de Ferké 1 et 2 (avec des indices allant de 0,210 à 0,297). La figure 17 montre que les transitions des zones humides sont élevées au Nord-est du bassin versant. Mais également au centre Ouest, au Sud-Ouest et au Sud-Est du bassin versant avec des indices de transition faible allant de 0,010 à 0,059.

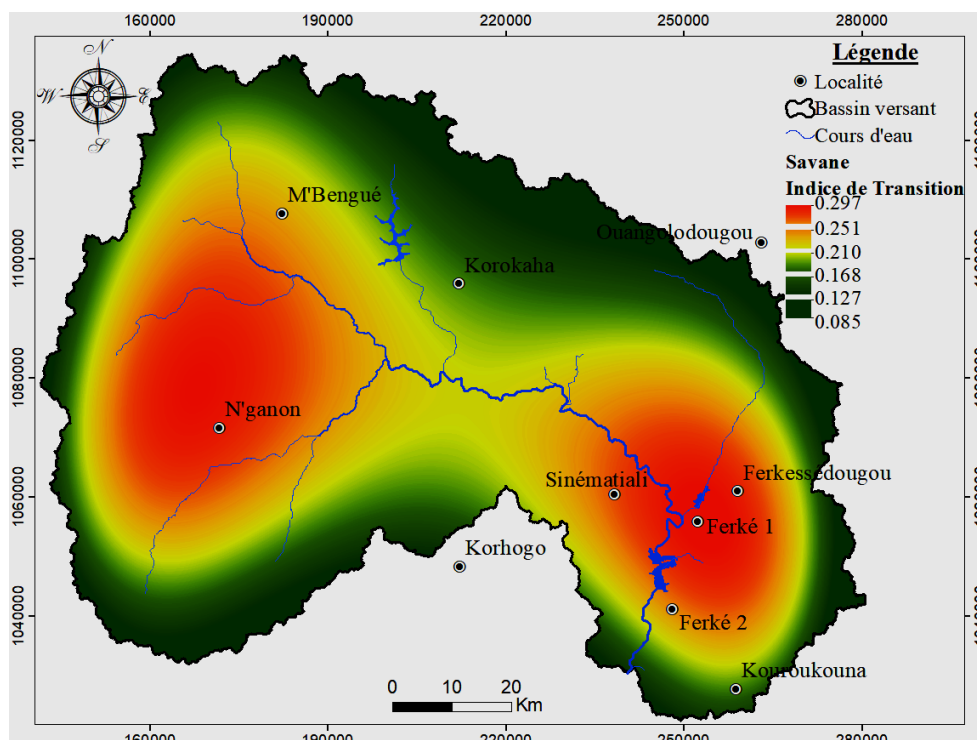


Fig. 16. Tendance du changement global des savanes sur la période 1990-2006

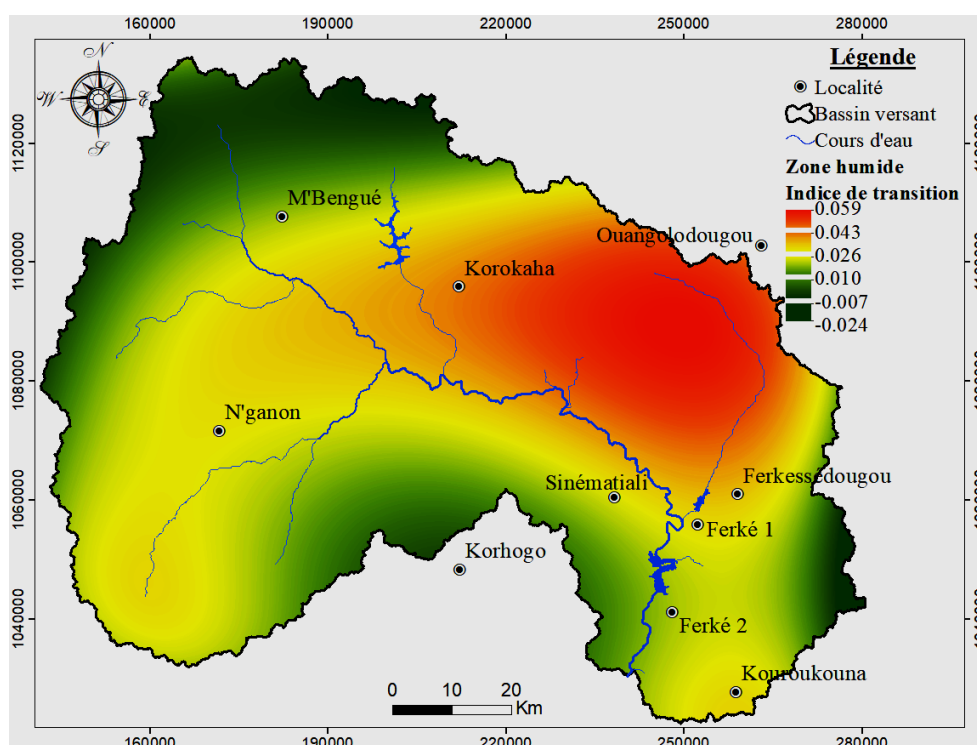


Fig. 17. Tendance du changement global des savanes et zones humides entre 1990 à 2006

4.1.3.2 SIMULATION DE L'OCCUPATION DES SOLS DE 2020 ET VALIDATION DU MODÈLE LCM

Dans cette partie, la chaîne de Markov a été appliquée pour déterminer les potentielles transition en 2020 sous forme d'une matrice de probabilité (tableau X). D'après cette matrice, les changements de l'occupation des sols peuvent arriver à

toutes les catégories à l'horizon 2020. Parmi ces catégories, les possibilités de changement pour les lambeaux de forêt, cultures ou jachères, Bâti ou sols nus, Zones humides et Plans d'eau sont assez élevées (valeurs sur la diagonale principale de la matrice inférieures 0,5). Tandis que les changements pour les savanes, sont relativement faibles (valeurs supérieures 0,6).

Tableau 9. *Matrice des probabilités de transition de l'occupation des sols de 2020*

		Occupation du sol (2020)					
		Lambeau de forêt	Savane	Culture ou jachère	Bâti ou sol nu	Zone humide	Plan d'eau
Occupation du sol (2006)	Lambeau de forêt	0,3026	0,5576	0,0084	0,0907	0,0235	0,0172
	Savane	0,0275	0,7145	0,0183	0,1666	0,0657	0,0074
	Culture ou jachère	0,1593	0,5144	0,1472	0,1487	0,0236	0,0069
	Bâti ou sol nu	0,0000	0,5050	0,0586	0,4046	0,031	0,0017
	Zone humide	0,0030	0,6271	0,0047	0,1663	0,1773	0,0215
	Plan d'eau	0,0442	0,5322	0,0025	0,1234	0,1275	0,1701

Sur la base de la matrice des probabilités de transition obtenue, la carte prédictive de l'occupation des sols à l'horizon 2020 a été générée (Figure 18). Cette carte contient les mêmes catégories de l'occupation des sols que celles de 1990 et 2006, à savoir, la catégorie des lambeaux de forêt, des savanes, des cultures ou jachères, des bâti ou sols nus, des zones humides et des plans d'eau.

Les valeurs de la précision montrent que la précision globale et le coefficient Kappa de la carte prédictive de 82% et 0,81 respectent les valeurs recommandées qui sont de 0,80 et 80% respectivement. De plus l'application du test de Wilcoxon au seuil de significativité de 5 % aux superficies simulées et celles observées plus haut (figure 7) montre qu'il n'existe pas de différence significative entre elles avec un P-value de 0,84 et corrélation de 0,99 (figure 19). Ce qui rend le traitement acceptable et le modèle viable pour la prédiction. Tout de même on observe que le modèle LCM surestime les superficies des bâti et sols nus.

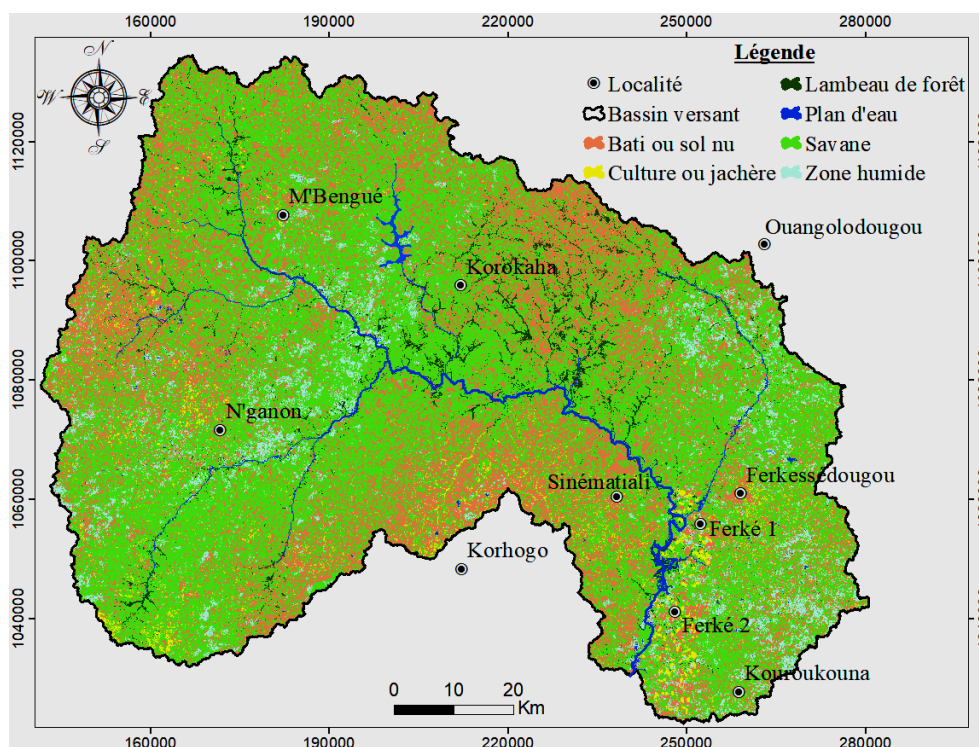


Fig. 18. *Carte prédictive de l'occupation des sols de 2020*

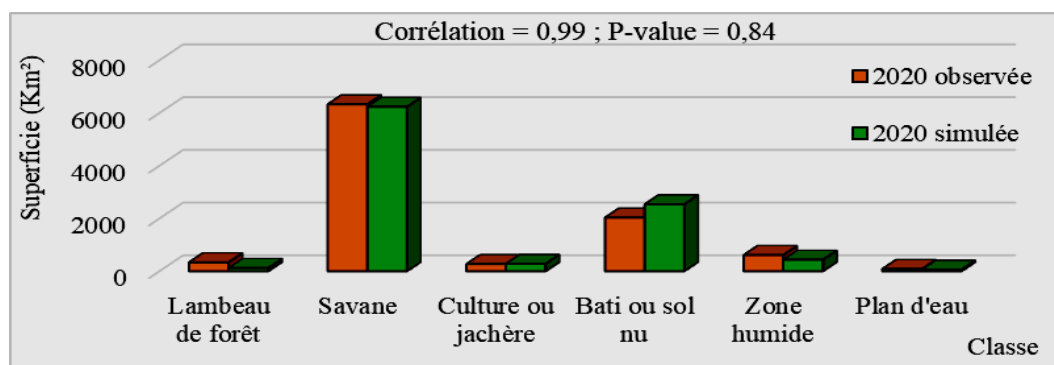


Fig. 19. Comparaison des classes d'occupation des sols simulées et observées de 2020

4.1.3.3 SIMULATION DE L'OCCUPATION DES SOLS AUX HORIZONS 2035 ET 2050

La précision de la carte prédictive a permis de valider la stabilité du modèle LCM. Donc, elle nous permet d'appliquer ce modèle pour la prédiction de l'occupation des sols à l'horizon 2035 et 2050. Les cartes prédictives de l'occupation des sols à l'horizon 2035 et 2050 pour le bassin versant du Haut Bandama sont présentées dans la figure (20 et 21 respectivement). Ces figures montrent que l'expansion des zones bâties ou sols nus est élevée plus à l'est de la localité de Korokaha, à l'extrême Ouest du bassin versant et la zone entre Korhogo et Sinématiali. Cependant, les cultures ou jachères au Sud du bassin versant peuvent être progressivement remplacées par des sols nus ou bâtis (figure 20 et 21).

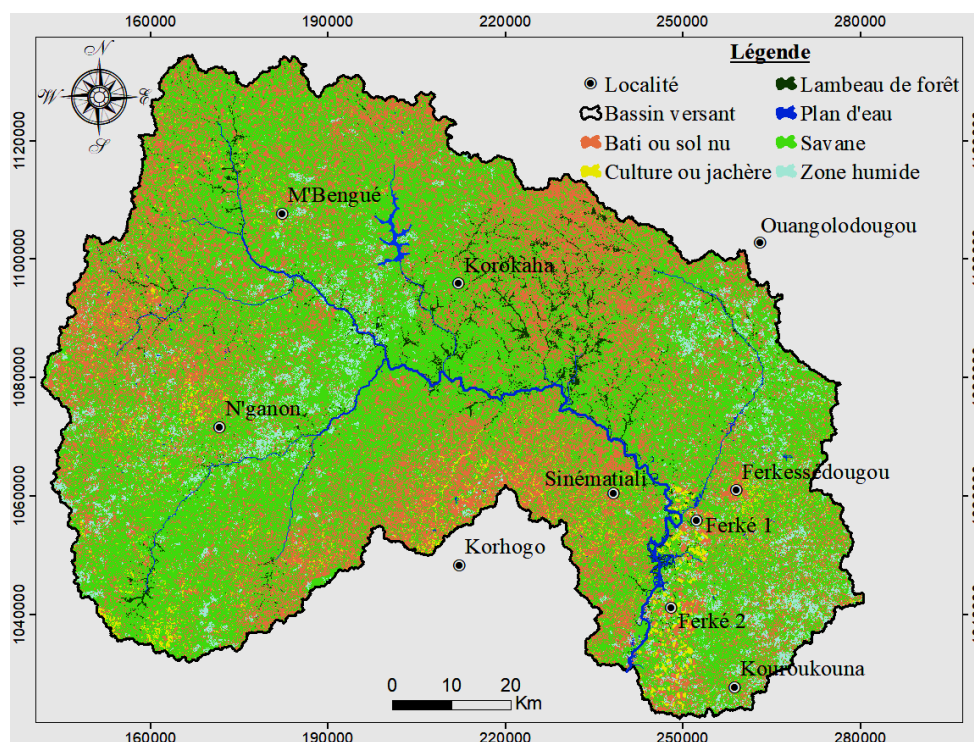


Fig. 20. Cartes de l'occupation des sols bassin versant du Haut Bandama en 2035

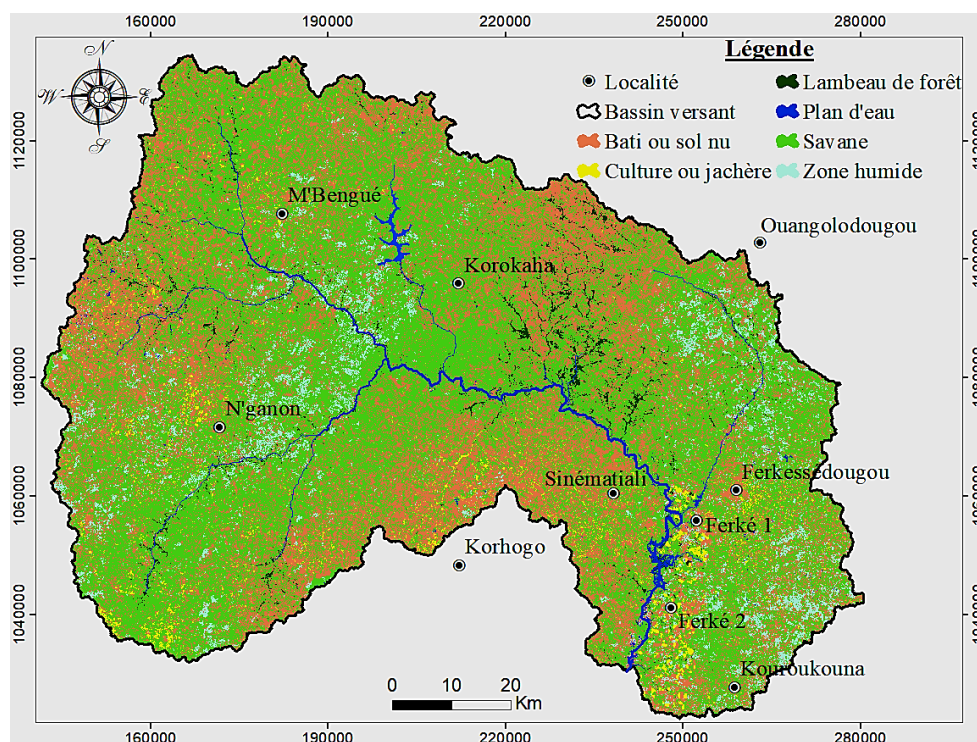


Fig. 21. Cartes de l'occupation des sols du bassin versant du Haut Bandama en 2050

4.1.3.4 ANALYSE DIACHRONIQUE DE L'OCCUPATION DES SOLS DU BASSIN VERSANT DU HAUT BANDAMA

Le tableau XI et la figure 22 présentent l'évolution de l'occupation des sols sur deux périodes (2020 à 2035) et (2035 à 2050). Ils montrent également que sur ces deux périodes, la surface des savanes diminuera très significativement tandis que la surface des bâtis ou sols nus augmentera significativement de 2020 à 2035. Cette tendance persistera sur la période de 2035 à 2050. Les terres agricoles et les zones humides évolueront et tendront à se stabiliser sur la période 2035 à 2050 tandis que la superficie des lambeaux de forêt et les plans d'eau diminueront progressivement sur l'ensemble de la période.

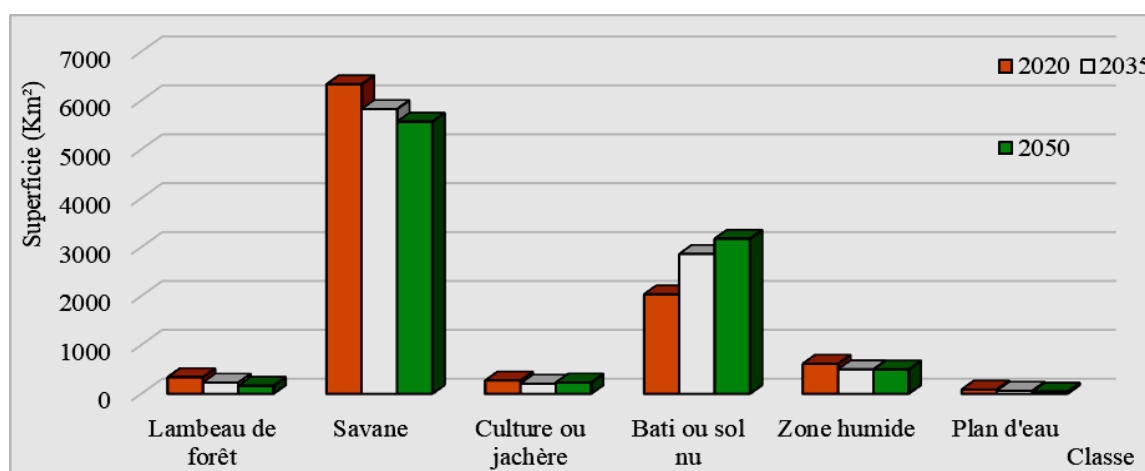


Fig. 22. Evolution de l'occupation des sols de 2020 à 2050

Tableau 10. Analyse du changement de l'occupation des sols de 2020 à 2050

Classe	Surface 2020 (Km ²)	Surface 2035 (Km ²)	Surface 2050 (Km ²)	2020-2035		2020-2050	
				Gain et perte (Km ²)	%	Gain et perte (Km ²)	%
Lambeau de forêt	340,85	229,37	163,85	-111,48	-32,7	-177	-51,9
Savane	6333,31	5826,1	5568,93	-507,21	-8,0	-764,38	-12,1
Culture ou jachère	273,19	207,82	229,79	-65,37	-23,9	-43,40	-15,9
Bâti ou sol nu	2035,89	2860,85	3183,13	824,96	40,5	1137,24	55,9
Zone humide	616,14	500,62	496,96	-115,52	-18,8	-119,18	-19,3
Plan d'eau	88,26	62,89	44,99	-25,78	-29,2	-43,27	-49,0

4.1.4 IMPACT DE LA DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DE L'OCCUPATION DES SOLS SUR LE COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT

L'analyse de l'état de surface des sols et de la synthèse des études antérieures sur les coefficients de ruissellement des bassins versants expérimentaux a permis d'obtenir les coefficients de ruissellement K_{ri} de chaque classe d'occupation des sols du bassin versant du Haut Bandama (Tableau XII). Les zones de Lambeaux de forêt, de savane et de culture ou jachère présentent le plus faible K_{ri} . Cependant les zones de bâti ou sol nu, de zone humide et de plan d'eau présente des K_{ri} élevés.

Tableau 11. Coefficients de ruissellement selon l'occupation des sols

État de surface	Coefficient de ruissellement K_{ri} (%)
Lambeau de forêt	7
Savane	14
Culture ou jachère	21
Bâti ou sol nu	70
Zone humide	80
Plan d'eau	100

La figure 23 montre l'évolution temporelle du coefficient de ruissellement moyen annuel dans le bassin versant du Haut Bandama.

Sur la période 1990-2006, on assiste à une augmentation du coefficient de ruissellement qui passe de 18,5 % à 28,5 %. De même sur la période 2006-2020 on constate une légère augmentation allant de 28,5% en 2006 à 30,7% en 2020. Cette dernière évolution pourrait se poursuivre jusqu'à l'horizon 2050 avec 34,5% en 2035 et 36,4% en 2050.

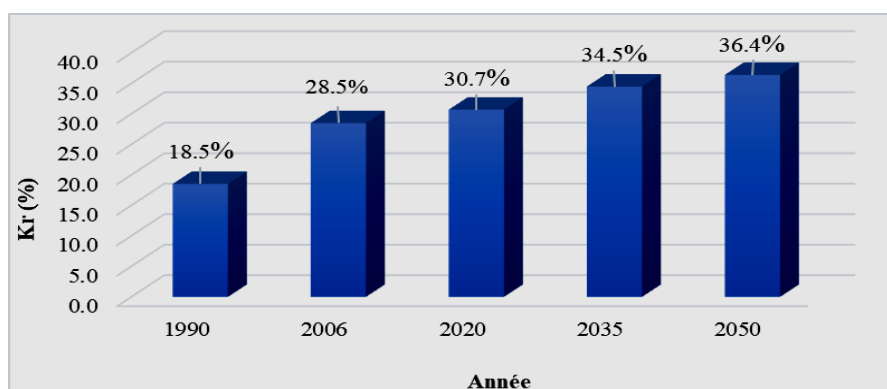


Fig. 23. Évolution temporelle du coefficient de ruissellement moyen annuel sur le bassin versant

4.2 DISCUSSION

Après traitement des images Landsat sous ENVI, six (6) unités d'occupation du sols (Lambeau de forêt, Savane, Culture et jachère, bâti et sol nu, Zone humide et Plan d'eau) dans le bassin versant du Haut Bandama à Badikaha se sont dégagées. La précision globale (comprises entre 95% et 100%) et le coefficient de Kappa (compris entre 0,95 et 0,99) obtenus lors de la classification des images montrent que les traitements effectués sur ces images sont satisfaisants. Les valeurs obtenues à partir des matrices de confusion sont supérieures à celles recommandées qui sont respectivement de 85 % et 0,8 [12]. Cela confirme la similarité des cartes d'occupation des sols simulées et observées. De façon générale on observe un dynamisme au niveau de chaque classe d'occupation des sols dans le bassin versant du Haut Bandama à Badikaha. Au cours de la période 1990-2006, on observe une importante progression de la superficie des classes de cultures ou jachères (30,44 %), des zones humides (83,10 %) et des bâtis et sols nus (400,03 %). Contrairement à ces classes, les lambeaux de forêt (- 48,89 %), des savanes (-14,88 %) et des plans d'eau (-4,80 %) connaissent une diminution importante. En effet la présence des industries de transformation de canne (SUCAF-CI) et de coton (Coton-Ivoire) dans cette partie de la Côte d'Ivoire, favorise l'implantation des hommes. D'après le Recensement Général de la Population et de l'Habitat de 1998, la densité de la population passe de 33,5 habitants/km² en 1988 à 47,7 habitants/km² en 1998. C'est le même constat fait par [19] lorsqu'il affirme que les infrastructures incitent la croissance démographique et le développement des activités anthropiques qui intensifient les modifications de l'occupation du sol et des états de surface.

L'implantation des hommes n'est pas sans conséquences sur l'occupation des sols dans le bassin versant du Haut Bandama. On assiste à une régression de la superficie des classes de forêt, savane et plan d'eau en 2006 au profit des classes de cultures ou jachères, des zones humides et des bâtis et sols nus. La classe des zones humides a doublé de superficie en raison du retrait des plans d'eau et de l'exploitation de la végétation aquatique au profit des maraîchers laissant apparaître des terres humides. Les zones humides qui présentent une distribution éparse sont utiles dans le maintien de la biodiversité et la qualité des ressources en eau [3]. La dynamique de l'occupation du sol observée sur la période 1990-2006 se poursuit sur la période 2006-2020 où la superficie des classes de lambeaux de forêt, de savanes et de plans d'eau régresse respectivement de (-35,5 %), (-3,65 %) et (-11,65 %) tandis que les classes de cultures et jachères ainsi que de bâtis et sols nus sont en augmentation respectivement de 34,32 % et 22,43 %. Seule la classe des zones humides est restée relativement stable avec une variation très faible de -0,50 %. Cependant, cette modification de l'état de surface des sols sur la période 2006-2020 est moins accentuée par rapport à la période précédente (1990-2006). Ce ralentissement de la dynamique d'occupation des sols dans le bassin versant du Haut Bandama sur la période 2006-2020 est dû à l'abandon des activités de la population fuyant les zones sous contrôle des forces armées nouvelles (zone de combats fréquents) jusqu'en 2012 du Nord vers le sud du pays. C'est ce que montre les études de [20] dans le Parc national du Mont Péko, où les taux de déforestation au cours des périodes post-conflits dans les zones sous contrôle des forces nouvelles sont largement supérieurs à celui de la période des conflits. Malgré le déplacement massif des populations, on note tout de même une régression des superficies de lambeaux de forêt, de savanes et de plans d'eau au profit des cultures et jachère ainsi que les bâtis et sols nus dus probablement aux effets du changements climatiques.

A l'horizon 2035 et 2050, les cartes prédictives montrent que l'expansion des zones bâties ou sols nus auront une évolution (de 40,52% et 55,86% respectivement) sur l'ensemble du bassin. Cela sera plus accentué à l'est de la localité de Korokaha, à l'extrême Ouest du bassin versant et la zone entre Korhogo et Sinématiali. A l'inverse des classes de bâtis et sols nus, toutes les autres classes d'occupation des sols perdront en superficie au profit des bâtis et sol nu. Cette régression des classes d'occupation des sols affecte plus les classes de lambeaux de forêts de -32,71 % et -51,93 % aux horizons 2035 et 2050 respectivement. Elles sont suivies des classes de plan d'eau avec un taux -29,21% en 2035 et -49,03% en 2050.

La dynamique de l'état de surface des sols n'est pas sans conséquence sur le ruissellement. La période 1990 à 2006 a connu une augmentation du coefficient de ruissellement qui passe de 18,5% à 28,5% respectivement et de 28,5% en 2006 à 30,7% en 2020 pour la période 2006-2020. Cette dernière évolution se poursuivra jusqu'à l'horizon 2050. L'augmentation du coefficient de ruissellement est due à l'urbanisation et aux cultures extensives. En effet, l'extension du tissu urbain et des cultures provoquent une augmentation des coefficients de ruissellement des bassins versants [21]. L'urbanisation et l'agriculture se présentent donc comme le facteur anthropique à la base de l'augmentation du coefficient de ruissellement moyen sur les bassins versants [22].

5 CONCLUSION

L'utilisation de l'algorithme maximum de vraisemblance pour la classification a permis d'obtenir des coefficients de Kappa compris entre 0,95 et 1 pour la dynamique d'occupation du sol. Également les précisions globales obtenues sont assez élevées et comprises entre 95 % et 100 %. On enregistre une importante progression de la superficie des classes de cultures ou jachères

(30,44 %), des zones humides (83,10 %) et des bâtis et sols nus (400,03 %) de 1990 à 2006. Contrairement à ces classes, les lambeaux de forêt (-48,89 %), des savanes (-14,88 %) et des plans d'eau (-4,80 %) connaissent une diminution importante. Cette dynamique est conservée sur la période 2006-2020, mais avec moins d'intensité.

Les changements de l'occupation des sols observés entre 1990 et 2006 intégrés dans le sous-modèle de transition (LCM) ont montré que la plupart des catégories d'occupation du sol perdront en superficie au profit des bâtis et sol nu à l'horizon 2050. La dégradation du couvert végétal a entraîné l'augmentation du coefficient de ruissellement de 18,5% en 1990 à 30,7% en 2020. Cette évolution se poursuit jusqu'à l'horizon 2050. Ces phénomènes annoncent une désertification du bassin versant du Haut Bandama aux horizons 2035 et 2050 si des politiques de reboisements et de lutte contre l'intensification des facteurs anthropiques sur la modification de l'occupation des sols ne sont pas entreprises.

REFERENCES

- [1] Malan, D. F., Aké, A. L., Tra Bi, F. H., & Danho N., Diversité floristique du parc national des îles Ehotilé (Littoral est de la Côte d'Ivoire). Bois et forêts des tropiques, N° 292 (2), 2007.
- [2] Scouvar M. & Lambin E. F., Approche systémique des causes de la déforestation en Amazonie brésilienne: syndromes, synergies et rétroactions. L'Espace Géographique, 3: 241-254, 2006.
- [3] Nghiem, V-T., Nedjai, R., L., V-A, and Charleux, L., Application of GIS and remote sensing for predicting land-use change in the French Jura Mountains with the LCM model: the impact of variables on the disturbance model', *Proceeding of the 34th Asian Conference on Remote Sensing*, Bali, Indonesia, pp. 2588-2595, ISBN: 978-602-9439-33-5, (SC04-95 à SC04-102), 2013.
- [4] Baron C., L'eau en Afrique: disponibilité et accès, Les Nouveaux Défis de l'énergie Paris, Economica. Revue futures n° 359, pp. 33-56, 2009.
- [5] Péné B. C., Pluviométrie et gestion de l'irrigation comme déterminants des rendements canniens en Côte d'Ivoire. In Communications présentées au Congrès Artas-Afcas, 12-18 octobre 1997, St. Denis de la Réunion, la Réunion. Artas-Afcas, pp. 394-413, 1997.
- [6] Kouadio, Z. A., Dynamique de l'Occupation du Sol et du Comportement Hydrologique: Cas des Bassins Versants Côtiers de l'Agnéby et du Boubo (Côte d'Ivoire), (Doctorat unique) Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan, Côte d'Ivoire, 198, 2011.
- [7] Jofack S. V. C., Kouamé F. K., Dibi N'da H., Tankoano B., Akpa Y. L., Ngounou N. B., Cartographie de l'occupation de sol des Hauts Plateaux de l'Ouest Cameroun par réseaux de neurones appliqués à une image LANDSAT 8 OLI. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 23 (2), pp. 443-454, 2016.
- [8] Leboeuf A., Paquet A., Guide d'interprétation des mosaïques d'images satellitaires Landsat. Secteur des Forêts, Ministère des Ressources naturelles, Québec, 22, 2013.
- [9] Oszwald, J., Dynamique des formations agroforestières en Côte d'Ivoire (des années 1980 aux années 2000): Suivi par télédétection et développement d'une approche cartographique. Thèse de doctorat, Université des Sciences et Technologies de Lille, Lille, France, 304, 2005.
- [10] Soro T. D., Kouakou B. D., Kouassi E. A., Soro G., Kouassi A. M., Kouadio K. E., Yéi M.-S. O. & Soro N., Hydroclimatologie et dynamique de l'occupation du sol du bassin versant du Haut Bandama à Tortiya (Nord de la Côte d'Ivoire). *VertigO*, 13 (3) pp. 1-22, 2013.
- [11] Eastman J. R., TerrSet geospatial monitoring and modeling system, Tutorial Version 2020v.19.0. Clark University, Worcester, 2020.
- [12] Mather P. M., Computer Processing of Remotely Sensed Images: An introduction. 3rd ed. John Wiley & Sons Ltd. Chichester, West Sussex, England, 2004.
- [13] Oñate-Valdivieso F., Sendra J. B., Application of GIS and remote sensing techniques in generation of land-use scenarios for hydrological modelling. *Journal of Hydrology*. Elsevier, Vol 395, pp. 256-263, 2010.
- [14] Huang S., The potential of multi-sensor satellite data applications in environmental monitoring with special emphasis on land cover mapping, desertification monitoring and fire detection. Thèse de l'Université München. 155, 2004.
- [15] Nghiem V-T., Impact du changement du mode d'occupation des sols sur le fonctionnement hydrogéochimique des grands bassins versants: cas du bassin versant de l'Ain. Doctorat de Université de Grenoble, Spécialité: Science de la Terre, de l'Univers et de l'Environnement, Laboratoire UMR PACTE, France, 306, 2014.
- [16] Brou K., Jaugeages sur grandes rivières à Borotou, Simulation de la pluie, rapport de stage, laboratoire d'hydrologie, ORSTOM, Centre d'Adiopodoumé (Côte d'Ivoire), 44, 1985.
- [17] Yacouba, H., Da, D. E. C., Yonkeu, S., Zombre, P. & Soule, M., Caractérisations du ruissellement et de l'érosion hydrique dans le bassin supérieur du Nakambe (Burkina Faso). In *5ème conférence Inter-régionale sur l'environnement et l'eau*, Ouagadougou, pp. 318-325, 2002.

- [18] Bouvier C., Berthelot M., Janeau J. L., Campagne de simulation de pluie en milieu urbain, Yopougon. ORSTOM-CIEH, 16, 1987.
- [19] Mahé G., Variabilité pluie-débit en Afrique de l'Ouest et Centrale au 20^{ème} siècle: changements hydro-climatiques, occupation du sol et modélisation hydrologique. Mémoire d'HDR, Université de Montpellier II, 160, 2006.
- [20] Ousmane S., N'da Dibi H., Kouassi K. H., Kouassi K. E., Ouattara K., Crises politico-militaires et dynamique de la végétation du Parc national du Mont Péko en Côte d'Ivoire. Bois et Forêts des Tropiques, 343: pp. 27-37, 2020.
- [21] Ferhi N. et Yadh Z., Étude de l'impact de l'extension et de la densification du tissu urbain sur les coefficients de ruissellement dans le bassin versant des oueds el-ghrich et el-Greb (Tunis) par l'application de la méthode SCS aux évènements de septembre 2003, physio-géo, volume 10, url: <http://physio-geo.revues.org/4769>; doi: 10.4000/physio-geo, 4769, 2016.
- [22] Sawadogo K. Z., Simulation et optimisation du fonctionnement d'un petit barrage et de son périmètre rizicole irrigué: cas de nanan à Yamoussoukro. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 243, 2020.

Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des terres de termitières de *cubitermes* sp. (isoptera, termitidae) et de fourmilières de *pheidole* sp. (hymenoptera, formicidae) en zone soudano sahélienne au Mali

[Physico-chemical and microbiological characteristics of termite mounds of *cubitermes* sp. (isoptera, termitidae) and anthills of *pheidole* sp. (hymenoptera, formicidae) in the sudano-sahelian zone in Mali]

Abou Coulibaly¹, Hawa Sanogo¹, Bakary Sagara¹, Bocar Ahamadou¹, and Amoro Coulibaly²

¹Département des Sciences et Techniques agricoles, Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR, IFRA), Koulikoro, Mali

²Professeur Honoraire, Koulikoro, Mali

Copyright © 2023 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: Agricultural practices must adapt to meet environmental, climatic, food, social and economic challenges. Agriculture must move towards new forms of resources that improve productivity and protect the environment. This study will highlight the fertilizing potential of termite mounds and anthill. Physicochemical and microbiological analyses of the termite and ant farm soils were carried out. These soils are of silty type. The average content of assimilable phosphorus is higher in the ant farm soils than in the termite farm soils. The termite mound soils have a good biological activity compared to the ant farm soils. The physico-chemical nature of the analyzed soils has an influence on the spore density of Arbuscular Mycorrhizal Fungi. This density is highest in the anthill soil. However, it did not have a significant effect on the nodulation of cowpea plants. As Rhizobiums, 6 morphotypes were identified, 4 were present in the termite mound soil and 2 in the anthill soil. The termite mound and ant farm soils could be used to improve the chemical and biological composition of soils and contribute to fertility restoration.

KEYWORDS: Termite nests, Ant nests, Mycorrhiza, Rhizobium, Sustainable agriculture, Climate change, Biodiversity, Natural fertilizers.

RESUME: Les pratiques agricoles doivent s'adapter pour faire face aux défis environnementaux, climatiques, alimentaires, sociaux ou économiques. L'agriculture doit s'orienter vers de nouvelles formes de ressources qui améliorent la productivité et protègent l'environnement. Cette étude permettra de mettre en évidence le potentiel fertilisant des terres de termitière et fourmilière. Des analyses physicochimiques et microbiologiques des terres de termitière et fourmilière ont été faites. Ces terres sont de type limoneux. La teneur moyenne en phosphore assimilable est élevée dans les terres de fourmilière que dans celle de termitière. Les terres de termitière ont une bonne activité biologique par rapport à la terre de fourmilière. La nature physico-chimique des terres analysées a une influence sur la densité sporale des Champignons Mycorhiziens Arbusculaires. C'est dans la terre de fourmilière que cette densité est la plus élevée. Par contre, elle n'a pas eu un effet significatif sur la nodulation des plants du Niébé. Comme Rhizobiums, 6 morphotypes sont identifiés, 4 sont présents dans les terres de termitière et 2 dans la terre de fourmilière. Les terres de termitière et fourmilière pourront servir à améliorer la composition chimique et biologique des sols et contribuer à la restauration de la fertilité.

MOTS-CLEFS: Nids de termites, Nids de fourmis, Mycorhize, Rhizobium, Agriculture durable, Changement climatique, Biodiversité, Fertilisants naturels.

1 INTRODUCTION

En zone soudano sahéenne d'Afrique, l'agriculture est surtout pluviale et confrontée à plusieurs contraintes environnementales, dont la perte de l'agro-biodiversité et la dégradation des sols qui se manifestent par la pollution et la baisse de la fertilité. Cette baisse de la fertilité due à l'appauvrissement des sols (en matière organique, en azote et autres éléments minéraux), aux mauvaises pratiques agricoles (surpâturage, la monoculture, etc.) et aux conditions climatiques (vents et pluies défavorables) entraîne la chute de la productivité agricole en Afrique tropicale [1].

Au Mali, la fertilisation des cultures est basée sur l'utilisation des engrais chimiques, qui malheureusement à long terme peut engendrer des problèmes environnementaux, dont la pollution des sols agricoles et des eaux souterraines. Dans un contexte de changement climatique et de désertification des terres, la fertilisation ne doit plus passer par un apport excessif des engrais minéraux qui ont permis durant plusieurs décennies d'augmenter les productions agricoles. Mais, cette fertilisation chimique est très souvent inappropriée par un coût élevé, une destruction des microfaune et microflore du sol et une pollution des eaux [2]. Mêmes les systèmes de productions traditionnelles acidifient les sols agricoles ce qui oblige les paysans à faire souvent la rotation des cultures et la jachère [3]. En plus, la mise en valeur des terres rencontre des difficultés liées souvent à l'inadéquation des pratiques utilisées par rapport aux caractéristiques des sols dans les régions tropicales.

La gestion durable et la restauration des sols fortement dégradés constituent un défi pour l'agriculture des pays tropicaux. Le sol est un compartiment essentiel des écosystèmes par des multiples phénomènes qui se déroulent et qui sont à l'origine des fonctions environnementales et écologiques [4]. Ainsi, il abrite plus de 25% des espèces animales et végétales décrites, ce qui en fait un grand réservoir de biodiversité. Des études ont démontré que les termites et les fourmis participent à la structuration du sol en régulant l'aération, l'infiltration de l'eau et le cycle des nutriments. Ces insectes concentrent dans leurs nids certains éléments comme l'azote, le phosphore, le potassium, etc. L'emploi de ressources locales comme les terres de fourmilière et de termitière est une des solutions à l'amélioration de la fertilité des sols [5]. L'adoption de telles pratiques intelligentes peut être une solution de rechange aux fertilisants chimiques. Car l'adaptation de l'agriculture aux changements climatiques doit prendre en compte les paramètres physiques, chimiques et microbiologiques des sols qui jouent un rôle capital dans la gestion de la nutrition végétale [6].

Il s'avère donc utile de mettre en œuvre des techniques rationnelles, efficaces et accessibles de fertilisation aux producteurs afin d'assurer une gestion durable de la fertilité des sols. Cela passe nécessairement par la pratique d'autres techniques culturales moins polluantes qui doivent considérer à la fois la fertilité du sol et la qualité de l'environnement [7]. Ces systèmes doivent être économiquement satisfaisants pour les agriculteurs. Car, la nécessité d'avoir une terre fertile est importante dans le but d'avoir un rendement en quantité et en qualité et cela a toutes les périodes de l'année [8].

Dans certaines zones, les paysans utilisent les terres de termitière ou de fourmilière pour fertiliser les sols [9], [10], [11], [12], [13]. Ainsi, cette étude a été menée pour établir le potentiel effet bénéfique des terres de termitière et fourmilière dans la zone soudano sahéenne. L'utilisation de ces terres de termitière et fourmilière est une solution alternative aux intrants chimiques et permet de conserver la biodiversité.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITE DE L'ÉTUDE

L'étude s'est déroulée dans le domaine de l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée de Katibougou (IPR/IFRA). Ses coordonnées géographiques sont les suivantes: 12°55' Nord; 7°33' Ouest, 326 m d'altitude. Il est situé à 3,5 km de la ville de Koulikoro et à 70 km de Bamako (Mali). Le climat est de type soudano sahéen et caractérisé par une saison sèche, allant d'octobre à fin mai (7 à 8 mois) et une saison pluvieuse, de juin à début octobre (4 à 5 mois). Le cumul annuel de la pluviométrie oscille entre 700 et 900 mm.

Les principaux types de sols rencontrés dans le domaine de l'Institut sont: les sols ferrugineux, les sols peu évolués et les sols hydromorphes. Ils sont caractérisés par une faible teneur en éléments nutritifs. La végétation naturelle du domaine de l'IPR/IFRA est essentiellement une savane arborée et arbustive par endroit. Dans les formations naturelles, 45 espèces de ligneux sont présentes et réparties en 22 familles. Les 3 principales familles sont les Combretaceae (20%), les Fabaceae (14%) et les Anacardiaceae (9%). Les espèces les plus abondantes sont: *Combretum micranthum*, *Guiera senegalensis*, *Euphorbia sudanica* et les plus dominantes sont *Lannea acida* et *Vitellaria paradoxa*. La flore herbacée est composée de 71 espèces réparties en 16 familles. Les familles des Poacées (26 espèces) et des Fabacées (18 espèces) sont les plus riches [14].

2.2 ECHANTILLONNAGE

L'échantillonnage des sols a été effectué dans les formations naturelles. Les nids de termitières de *Cubitermes* sp. et de fourmilières de *Pheidole* sp. ont été répertoriés et géolocalisés. Une distance d'au moins 100 m a séparé les différents nids ciblés pour les prélèvements.

Les termitières actives dont la hauteur est comprise entre 30 cm et 50 cm et les fourmilières actives avec un diamètre des monticules de l'entrée du nid supérieur à 1 m ont été retenues pour les prélèvements. Les parties de la structure des termitières (cône, colonne et base souterraine jusqu'à 30 cm) ont été prélevées séparément et dans l'ordre. Les échantillons de sol des fourmilières ont été prélevés à 20 cm de l'entrée du nid et à des profondeurs de 20 – 30 cm. A plus de 20 m des termitières et fourmilières, des terres ont été prélevées à une profondeur de 0 à 30 cm pour servir de témoins. Chaque nid a constitué une répétition. Les échantillons ont été constitués en 2 lots. Le premier lot a été destiné à la détermination des caractéristiques physico-chimiques des sols et à l'isolement des spores de champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA). Le second lot a servi à la conduite de l'essai en serre pour le piégeage des souches de rhizobiums. Chaque lot a été répété 4 fois.

Les échantillons ont été étiquetés en cône de la terre de termitière (T T cône), colonne de la terre de termitière (T T colonne), base souterraine de la terre de termitière (T T base), terre de fourmilière (T F) et sols environnants (Témoin).

2.3 CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE DES TERRES DE TERMITIERE ET FOURMILIERE

Les analyses physico-chimiques ont porté sur la granulométrie, le pH eau, le pH KCl, le taux de matière organique, la teneur en azote total, en potassium et en phosphore assimilable. Les méthodes suivantes ont été utilisées:

- La Méthode internationale avec application de la pipette de Robinson pour l'analyse granulométrique. Le principe consiste à déterminer les fractions pondérales de la terre fine constituée de sable, de limon et d'argile selon le principe de sédimentation (loi de Stokes). Les minéraux ont été séparés selon les dimensions suivantes: Sable: 2 mm - 0,05 mm; limon: 0,05 mm - 0,002 mm; Argile < 0,002 mm.
- La Méthode par potentiométrie de l'activité des ions Hydrogène en suspension terre/eau et/ou KCl pour la mesure du pH. Le rapport terre/solution (eau et/ou KCl) est de 1g/2,5 ml.
- La Méthode Anne pour la détermination du carbone organique total. Le carbone de la matière organique est oxydé par un mélange de bichromate de potassium et d'acide sulfurique.
- La Méthode Kjeldahl pour le dosage de l'azote total (N-total) du sol.
- La Méthode à l'extraction à l'eau pour les analyses du phosphore assimilable et du potassium. Le principe consiste à extraire à l'aide de l'eau, les sels du sol P, K, Ca, Mg et à les mettre en évidence.

Le potentiel d'acidification des terres qui est l'écart entre le pH eau et le pH KCl a été déterminé. Le rapport du carbone sur l'azote (C/N) qui représente le degré de l'activité biologique du sol a été calculé. Le rapport C/N > 10 correspond à une bonne activité biologique.

2.4 CARACTERISATION MICROBIOLOGIQUE DES TERRES DE TERMITIERE ET FOURMILIERE

2.4.1 ISOLEMENT ET CARACTERISATION DES SPORES DE CHAMPIGNON MYCORHIZIENS ARBUSCULAIRES (CMA)

L'extraction a été effectuée sur une quantité de 100 g de terre de termitière (cône, colonne et base souterraine), de terre de fourmilière et du témoin. Pour chaque échantillon, 4 répétitions ont été réalisées. La technique utilisée a été le tamisage humide décrit par Walker [15]. Chaque échantillon a été dissout dans 400 ml d'eau. La solution a été laissée au repos puis centrifugée et filtrée à travers une série de tamis (250 µm, 100 µm, 40 µm) sous un jet d'eau pour isoler les spores. La suspension sporale obtenue a été mise dans une boîte de Pétri à fond quadrillé et les spores ont été séparées et comptées directement sous loupe binoculaire. L'identification morphologique des morphotypes de CMA a permis de regrouper les morphotypes par la couleur (noire, marron, jaune, blanche et transparente) la forme (ovale et sphérique), la présence ou l'absence d'hyphes et la taille. La détermination de la famille des spores de Champignon Mycorhiziens Arbusculaires a été réalisée en utilisant la clé d'identification de « The International Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM) » [16].

2.4.2 EVALUATION DES NODOSITES

L'essai a été implanté dans un tunnel (abri à filet). Les plantes pièges utilisées ont été les variétés Jiguifa et Simbo du niébé (*Vigna unguiculata*) qui est une légumineuse, plante fixatrice d'azote. Les variétés Jiguifa et Simbo sont semi précoces (65-75 jours) et leur zone agro écologique est la région nord, du centre et du Sahel.

Les différents échantillons des terres de termitière (cône, colonne et base souterraine) et de fourmilière ont été écrasés, humidifiés et répartis dans des pots en plastique de 2 kg. Les graines ont été triées, puis aseptisées et semées à raison de 2 graines par pot. Chaque pot a été considéré comme un traitement et répété 4 fois. Le dispositif expérimental a été une randomisation totale.

Au 45^e jour après semi, les plants ont été retirés des pots et les nodules formés sur ces plants ont été récoltés, comptés et aseptisés. Ensuite les poids frais et sec (après séchage) des nodules ont été déterminés.

2.4.3 ISOLEMENT ET CARACTERISATION DES SOUCHES DE RHIZOBIUMS

L'isolement des souches de rhizobiums a été effectué à partir des nodules obtenus à la suite du piégeage conduit en serre sur les terres de termitière et de fourmilière.

Les nodules récoltés sur la même plante ont été aseptisés, écrasés et étalés par stries d'épuisement sur du milieu YMA puis sur du YMA + RC. Les milieux de culture utilisés ont été: Yeast Extract Mannitol Agar (YMA), Yeast Extract Mannitol Agar + Rouge Congo (YMA + RG) et Yeast Extract Mannitol (YM) [17]. Les boîtes de Pétrie ont été placées à 37°C dans une étuve pendant 48 heures pour incubation. Après incubation les colonies bactériennes formées colorées en rouge ou rose ont été purifiées par repiquages successifs sur le milieu YMA. La confirmation de la pureté de la souche a été effectuée par l'observation de l'aspect des colonies (couleur, forme, diamètre et contour) de Rhizobium. Les isolats ont été caractérisés morphologiquement par des examens macroscopiques selon la forme, le mode de regroupement (gélatineux ou isolé) et la couleur de la colonie.

2.4.4 ANALYSE STATISTIQUE

L'analyse de la variance (ANOVA) et la comparaison des moyennes par le test de Student's de Newman et Keuls (SNK) des paramètres physiques et chimiques des terres termitière et fourmilière, des spores dénombrées et des différentes mesures des nodules du niébé ont été effectuées au seuil de significativité de 5 % à l'aide du logiciel XLSTAT. Ensuite des tests de corrélation de Pearson (r) ont été utilisés pour déterminer les relations entre les densités de spores de CMA et les mesures des nodules du niébé d'une part et les caractéristiques physico chimiques de terres de termitière et fourmilière d'autre part.

3 RÉSULTATS

3.1 PROPRIETES PHYSIQUES

La répartition des particules montre qu'il y a une différence entre les terres de termitière, fourmilière et témoin. Le taux moyen d'argile de la base souterraine des termitières ($37,41 \pm 0,31\%$) est le plus élevé. Les taux moyens d'argile sont classés en 4 groupes significativement différents. Les taux moyens de limon total sont plus élevés dans les terres de termitière (cône: $54,28 \pm 0,10\%$, colonne: $55,11 \pm 0,08\%$, base souterraine: $40,38 \pm 0,05\%$) que dans les sols environnants et les terres de fourmilière. Par contre, le taux moyen de sable des terres de fourmilière ($51,40 \pm 0,06\%$) est plus élevé que ceux des sols environnants et des terres de termitière. Les taux moyens de limon total et de sable total sont classés en 5 groupes significativement différents ($p < 0,0001$) (Fig. 1).

Le sol des formations naturelles est de type limoneux, la terre de fourmilière est de type limoneux-fin et les terres de termitière sont de type limoneux argileux.

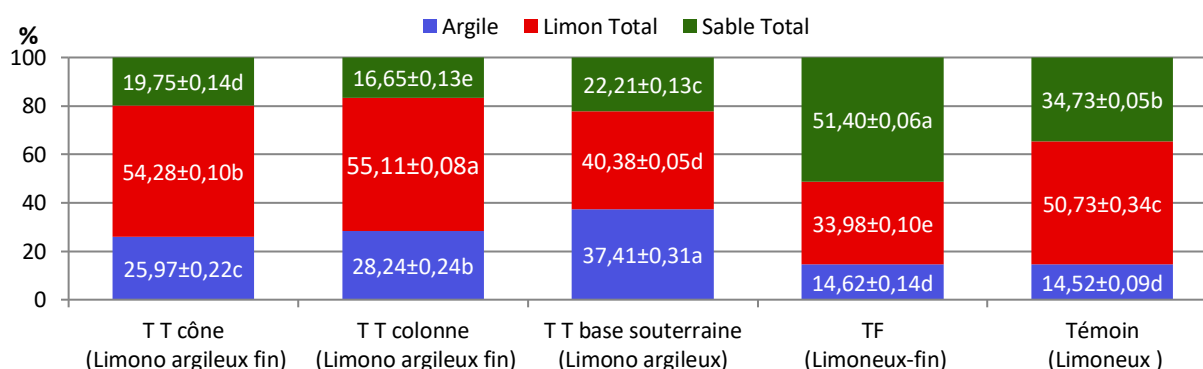


Fig. 1. Composition granulométrique des terres de termitière et fourmilière

3.2 PROPRIETES CHIMIQUES

Les pH KCL moyen des cônes ($5,04 \pm 0,00$) et colonnes ($4,94 \pm 0,00$) des terres de termitière sont significativement élevés. Le pH eau moyen ($5,68 \pm 0,00$) le plus élevé est enregistré dans les terres de fourmilière ($p < 0,0001$). Le potentiel d'acidification des terres de termitière est faible car compris entre 0,2 et 0,6. Par contre la terre de fourmilière a une acidité échangeable moyenne. Avec un pH eau compris entre 4,9 et 5,68, toutes les terres de termitière et fourmilière et les sols environnants sont faiblement acides.

Les terres de termitières (cône: $2,50 \pm 0,01\%$, colonne: $3,0 \pm 0,00\%$, base souterraine: $2,91 \pm 0,01\%$) sont riches en carbone. Alors que les terres de fourmilière ($0,50 \pm 0,00\%$) et les sols environnants ($0,55 \pm 0,00\%$) sont pauvres en carbone. Le taux moyen d'azote est aussi plus élevé dans les terres de termitière que dans la terre de fourmilière. Le site de l'étude ($0,08 \pm 0,01\%$) est pauvre en azote. Les terres de termitière ont une bonne activité biologique avec un rapport (C/N) largement supérieur à 10.

La teneur moyenne en phosphore assimilable ($6,08 \pm 0,00$ ppm) est significativement élevée dans la terre de fourmilière. Les teneurs moyennes en phosphore assimilable des terres de termitière sont les plus faibles. La teneur moyenne en potassium ($16,36 \pm 0,08$ ppm) dans la terre de fourmilière est significativement élevée.

Les différences sont significatives pour les paramètres étudiés ($p < 0,0001$) (Tableau 1).

Tableau 1. Caractéristiques chimiques des terres de termitière et fourmilière

Traitement	pH KCL	pH eau	pHeau-pHKCL	C (%)	N (%)	C/N	P ₂ O ₅ (ppm)	K ₂ O (ppm)
T T Cône	$5,04 \pm 0,00a$	$5,60 \pm 0,00a$	$0,56 \pm 0,05b$	$2,50 \pm 0,01b$	$0,16 \pm 0,01a$	$15,92 \pm 1,14c$	$5,08 \pm 0,01c$	$12,19 \pm 0,17c$
T T Colonne	$4,94 \pm 0,00a$	$5,34 \pm 0,05b$	$0,41 \pm 0,24b$	$3,00 \pm 0,00a$	$0,10 \pm 0,01c$	$28,91 \pm 17,42a$	$2,33 \pm 0,02d$	$12,19 \pm 0,19c$
T T Base	$4,54 \pm 0,00c$	$4,90 \pm 0,03c$	$0,36 \pm 0,17b$	$2,91 \pm 0,01a$	$0,14 \pm 0,01b$	$20,87 \pm 2,89b$	$1,13 \pm 0,00e$	$14,59 \pm 0,08b$
T F	$4,70 \pm 0,00b$	$5,68 \pm 0,00a$	$0,98 \pm 0,17a$	$0,50 \pm 0,00c$	$0,06 \pm 0,01f$	$8,91 \pm 2,46d$	$5,31 \pm 0,00b$	$16,36 \pm 0,08a$
Témoin	$4,95 \pm 0,05a$	$5,22 \pm 0,00b$	$0,27 \pm 0,05b$	$0,55 \pm 0,00c$	$0,08 \pm 0,01d$	$6,75 \pm 0,60d$	$6,08 \pm 0,00a$	$10,91 \pm 0,30d$
F de Fisher	17,55	24,437	13,00	1338,04	58,10	66,33	2704,74	572,08
Pr > F	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

Intervalle de confiance à 95,00 %

C: carbone; N: azote; C/N: rapport de carbone sur azote; P₂O₅: phosphore; K₂O: potassium.

3.3 SPORES DE CHAMPIGNONS MYCORHIZIENS ARBUSCULAIRES (CMA)

La densité moyenne de spores de Champignons Mycorhiziens Arbusculaires (CMA) dans la terre de fourmilière ($169,50 \pm 98,72$) est significativement plus élevée que dans les autres traitements (Tableau 2). Les densités moyennes de spores dans les cônes et colonnes des termitières sont les plus faibles. Le test de Student's de Newman et Keuls (SNK) a classé la densité moyenne de spores des terres en 2 groupes significativement différents ($p < 0,007$).

Tableau 2. Densité moyenne de spores de champignons mycorhiziens arbusculaires dans les terres de termitière et fourmilière

Traitements	Densité moyenne de spores dans 100g
Terre de fourmilière	169,50±98,72a
Témoin	39,25±11,52b
Base souterraine de la terre de termitière	14,75±3,10b
Cône de la terre de termitière	11,50±4,13b
Colonne de la terre de termitière	7,25±1,70b
F de Fisher	6,42
Pr > F	0,007

Intervalle de confiance à 95,00 %

La densité moyenne de spores de CMA dans les terres de termitière et fourmilière est positivement corrélée à la teneur en phosphore assimilable. Par contre, les corrélations négatives sont observées entre la densité des spores et le taux d'argile, la teneur en carbone et le rapport (C/N) (Tableau 3).

Tableau 3. Corrélations de Pearson entre la densité des spores de CMA et les caractéristiques physico-chimiques des terres de termitière et fourmilière

Paramètres physico chimiques	Densité des spores	
	Valeur observée	p-value bilatérale
Taux d'argile	-0,521_Sig	0,018
Taux de limon total	0,051_NS	0,832
Taux de sable total	0,316_NS	0,174
pH KCl	0,155_NS	0,513
pH eau	-0,090_NS	0,705
Potentiel d'acidification	-0,208_NS	0,380
Teneur en carbone (C)	-0,573_Sig	0,008
Teneur en azote (N)	-0,387_NS	0,092
Activité biologique (C/N)	-0,532_Sig	0,016
Teneur en phosphore assimilable (P ₂ O ₅)	0,487_Sig	0,029
Teneur en potassium (K ₂ O)	-0,332_NS	0,153

_Sig: corrélation significatif au seuil de 0,05

_NS: corrélation non-significative

Morphologiquement, 23 morphotypes de champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) sont dénombrés selon les critères morphologiques. Le test de Student's de Newman et Keuls (SNK) a classé le nombre moyen de morphotypes dans les terres de termitière et fourmilière en 4 groupes significativement différents (Tableau 4). Le plus grand nombre moyen de morphotypes est constaté dans les terres de fourmilière.

Tableau 4. Nombre moyen de morphotypes dans les terres de termitière et fourmilière

Traitements	Nombre moyen de morphotype
Terre de fourmilière	11,50±3,00a
Témoin	9,00±0,81ab
Cône de la terre de termitière	5,75±1,09bc
Base souterraine de la terre de termitière	5,25±0,95bc
Colonne de la terre de termitière	4,25±1,25c
F de Fisher	8,351
Pr > F	0,001

Intervalle de confiance à 95,00 %

Après identification, ces morphotypes appartiennent majoritairement aux 4 familles suivantes: Glomeraceae, Gigasporaceae, Scutellosporaceae et Acaulosporaceae. La famille Glomeraceae regroupe 9 morphotypes, Gigasporaceae 3 morphotypes, Scutellosporaceae 2 morphotypes, Acaulosporaceae 3 morphotypes et 6 morphotypes ne sont pas identifiés. Ces familles sont présentes dans toutes les terres.

Le nombre moyen de spores de la famille Glomeraceae est plus élevé dans la terre de fourmilière et le témoin que dans les terres de termitière. Dans la colonne de la terre de termitière, les nombres moyens de spores des différentes familles sont les plus petits (Fig. 2).

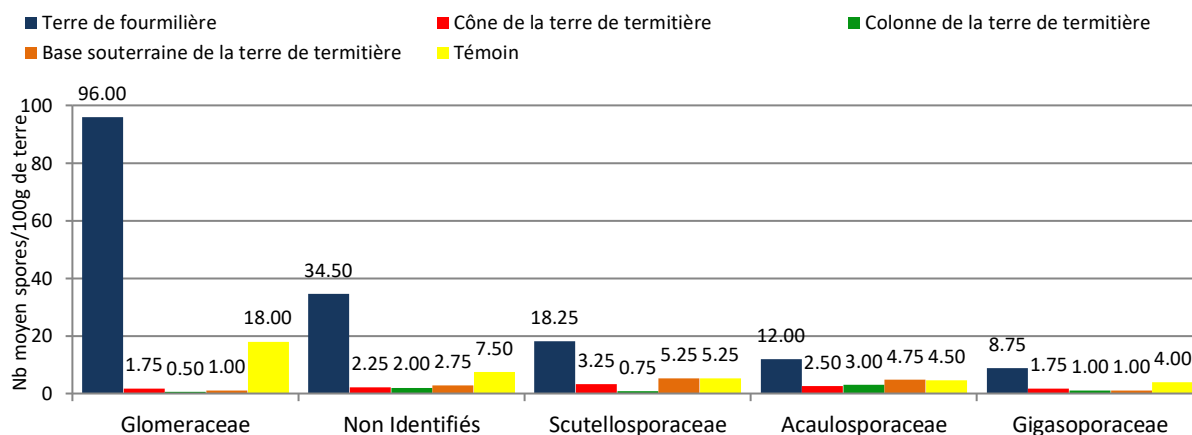


Fig. 2. Abondance relative des familles de spores de CMA dans les terres de termitière et fourmilière

La densité moyenne de spores de la famille Acaulosporaceae est relativement plus abondante et représente 41,38% dans la colonne de la terre de termitière. Ce sont les spores de la famille Scutellosporaceae qui ont les densités moyennes les plus élevées dans le cône (28,26%) et la base souterraine (35,59%) des terres de termitière. Par contre, la densité moyenne de spores de la famille Glomeraceae est relativement plus élevée dans la terre de fourmilière (56,64%) et le témoin (45,86%) (Fig. 3).

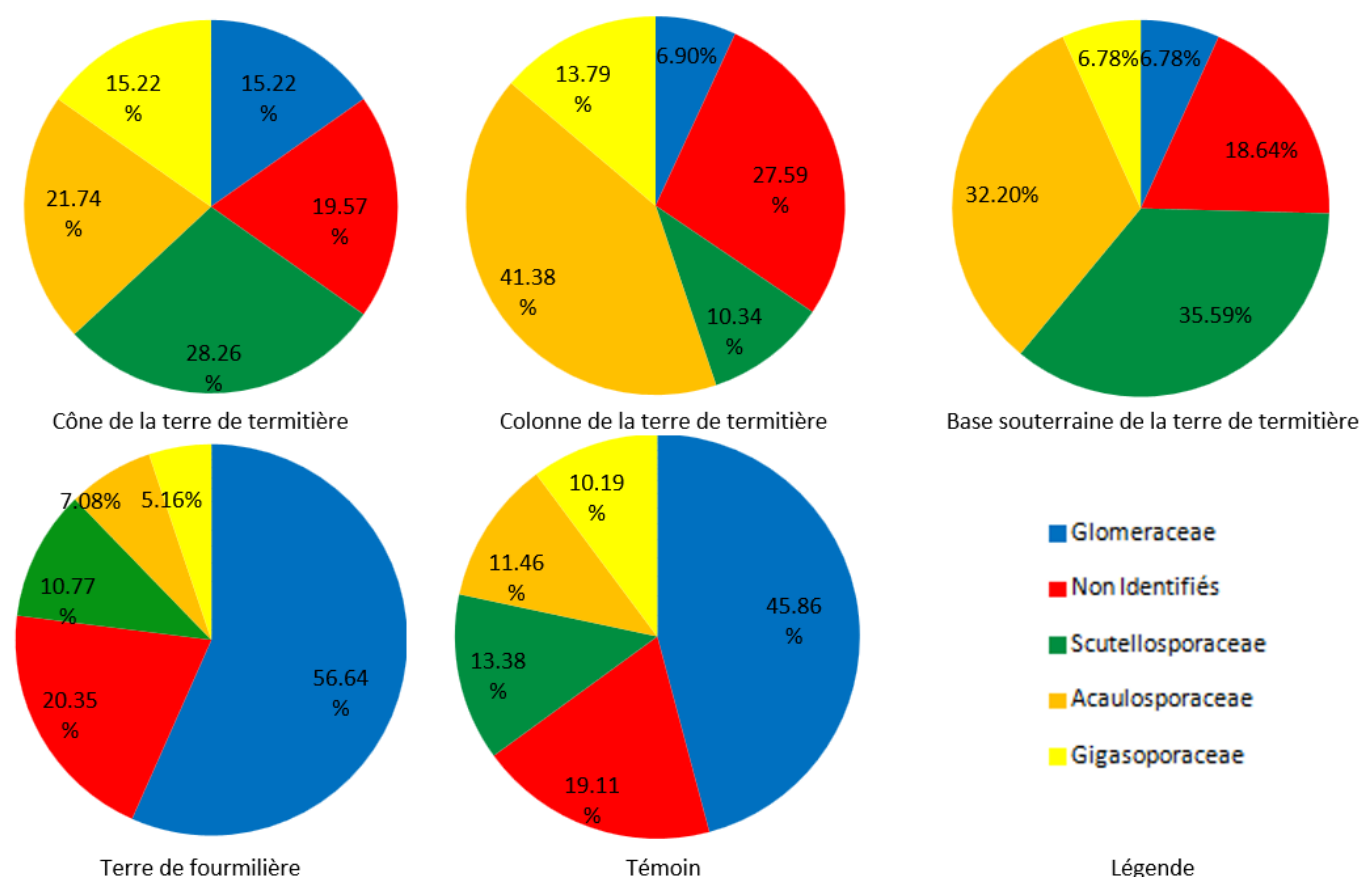


Fig. 3. Répartition des spores de CMA en fonction des familles dans les terres de termitière et fourmilière

3.4 NODULATION

L'effet de la variété sur la capacité de nodulation de Jiguifa et Simbo du niébé (*Vigna unguiculata*) donne des valeurs statistiquement identiques. Les différences ne sont pas significatives. La variété Jiguifa a plus grand nombre moyen de nodules ($43,80 \pm 27,65$) avec les poids moyens élevés (Tableau 5).

Tableau 5. Nombre et poids des nodules par plant des variétés Jiguifa et Simbo du niébé (*Vigna unguiculata*)

Variables	Variétés		Paramètres du test	
	Jiguifa	Simbo	F	P
Nombre moyen de nodules par plant	43,80±27,65a	33,05±21,51a	1,93	0,17
Poids frais moyen des nodules par plant (g)	0,83±1,30a	0,47±0,44a	1,79	0,19
Poids sec moyen des nodules par plant (g)	0,15±0,21a	0,09±0,08a	1,77	0,19

Intervalle de confiance à 95,00 %

Les terres de termitière (cône, colonne et base souterraine) et fourmilière ont eu des effets non significatifs ($P < 0,05$) sur le nombre de nodules des 2 variétés. C'est le cône de la terre de termitière qui a eu le plus grand effet avec un nombre moyen de nodules de $67,75 \pm 36,45$ sur la variété Jiguifa. Tandis que pour la variété Simbo, c'est la base souterraine de la terre de termitière qui a le plus grand nombre moyen ($44,25 \pm 15,28$). Ce sont les plants des témoins qui ont le moins de nodules (Tableau 6).

Tableau 6. Nombre moyen de nodules par plant des variétés Jiguifa et Simbo du niébé (*Vigna unguiculata*)

Traitements	Nombre moyen de nodules	
	Jiguifa	Simbo
Cône de la terre de termitière	67,75±36,45a	36,00±29,25a
Colonne de la terre de termitière	42,50±20,53a	33,75±26,29a
Base souterraine de la terre de termitière	50,50±33,99a	44,25±15,28a
Terre de fourmilière	33,50±21,29a	28,25±27,41a
Témoin	24,75±5,56a	23,00±7,34a
F de Fisher	1,6	0,490
Pr > F	0,22	0,736

Intervalle de confiance à 95,00 %

Les poids frais moyens (2,50±2,24) des nodules des plants de Jiguifa de la terre de la base souterraine des termitières sont significativement différents des autres terres. Il n'y a pas de différence significative des poids frais moyens des nodules des plants de Simbo entre les traitements. Ce sont les poids frais et secs moyens des témoins qui sont les plus faibles (Tableau 7).

Tableau 7. Poids moyens des nodules frais et secs des variétés Jiguifa et Simbo du niébé (*Vigna unguiculata*)

Traitements	Jiguifa		Simbo	
	Poids frais moyen (g)	Poids sec moyen (g)	Poids frais moyen (g)	Poids sec moyen (g)
Témoin	0,07±0,04b	0,01±0,01a	0,34±0,32a	0,06±0,07a
Cône de la terre de termitière	0,26±0,23a	0,04±0,01a	0,49±0,36a	0,09±0,05a
Colonne de la terre de termitière	0,62±0,63ab	0,30±0,34a	0,54±0,59a	0,09±0,10a
Base souterraine de la terre de termitière	2,50±2,24a	0,31±0,23a	0,54±0,47a	0,11±0,08a
Terre de fourmilière	0,68±0,58ab	0,09±0,07a	0,46±0,64a	0,08±0,10a
F de Fisher	3,22	2,27	0,10	0,16
Pr > F	0,04	0,10	0,97	0,96

Intervalle de confiance à 95,00 %

Les corrélations de Pearson entre les nodosités des variétés Jiguifa et Simbo du niébé et les caractéristiques physico-chimiques des terres de termitière et fourmilière ne sont pas significatives au seuil de 0,05.

3.5 SOUCHES DE RHIZOBIUMS

Dans l'étude, 11 isolats ont été retenus. En fonction des caractéristiques morphologiques, 6 morphotypes sont identifiés comme des Rhizobiums et codées en Type I, II, III, IV, V et VI. Le mode de regroupement de ces bactéries est généralement gélatineux. La majorité des isolats est de couleur beige. C'est dans la colonne de la terre de termitière que 3 souches de rhizobium sont isolées (Tableau 8). Le Type I est présent dans les terres de termitière et fourmilière et absent dans les sols environnants. Alors que le type IV est spécifique aux sols environnants et le Type VI est uniquement présent dans la terre de fourmilière.

Tableau 8. *Caractéristiques morphologiques des colonies isolées*

Traitement	Jiguifa				Simbo			
	N°	Type	Mode de regroupement	Couleur	N°	Type	Mode de regroupement	Couleur
T T Colonne	1	Type I	gélatineux	beige	7	Type II	gélatineux	blanche
	2	Type V	isolé	blanche				
T T Cône	3	Type III	gélatineux	jaune	8	Type I	gélatineux	Beige
T T Base	4	Type II	gélatineux	blanche	9	Type I	gélatineux	beige
T F	5	Type I	gélatineux	beige	10	Type VI	isolé	beige
Témoin	6	Type IV	gélatineux	Blanche avec tache rougeâtre	11	Type III	gélatineux	jaune

4 DISCUSSIONS

Le sol de la zone d'étude est à prédominance ferrugineux tropical hydromorphe caractérisé par une texture argilo-limoneuse, une faible teneur en éléments minéraux et matière organique et un pH acide.

Le système de prise de nourriture et la diversification de l'alimentation chez les termites et fourmis et les modes de construction des nids sont les principaux facteurs qui influencent la structure du sol [18], [19], [20].

Les termites des termitières épigées ont un plus grand effet sur la genèse et la dynamique des sols. Ces termitières sont construites avec d'éléments argileux imbibés de salive et chargés de sable fin ou moyen. L'importance des matériaux varie selon la partie du nid [21]. Ceci explique les résultats de l'analyse granulométrique des terres de termitière. Les taux d'argile sont plus élevés dans les différentes parties des termitières que dans les fourmilières et les sols environnants. Par contre les taux de sable sont faibles dans les structures des termitières que dans les fourmilières et sols environnants. Dans un nid de Cubitermes, le taux d'éléments fins (argile et limon) est supérieur que dans le sol témoin a remarqué Tano [22] dans la savane humide de Côte d'Ivoire. La construction se fait en privilégiant l'argile et le limon [23]. La texture des terres de termitière et fourmilière est limoneuse alors que celle des sols environnants est limon sableuse. La texture limono argileuse fine du cône et de la colonne de la termitière est due au fait que les termites remontent en surface une quantité de sol riche en éléments fins pendant la construction du nid. Ce constat a été fait par Arshad [24] et Wood et Johnson [25].

Les activités des termites n'ont pas significativement impactées les pH des terres. Le potentiel d'acidification est resté faible dans les terres de termitière. Dans la terre de fourmilière, cette acidité est moyenne. Les pH des terres sont faiblement acides.

Les taux de matière organique et les teneurs de phosphore assimilable et de potassium d'azote sont extrêmement faibles et en dessous de la limite critique théorique dans les sols du site d'étude. Ces carences en éléments nutritif induit des phénomènes de déséquilibre physiologique gravent chez les plants [26]. Le taux de matière organique (carbone et azote) est plus élevé dans les terres de termitière que dans la fourmilière et dans les sols environnants. Car les termites incorporent des excréta dans leurs matériaux de construction [27] et augmentent ainsi la teneur en matière organique [28], [29]. De plus le coefficient d'assimilabilité des termites est élevé et les matériaux végétaux ingérés subissent une minéralisation rapide sous l'action de la microflore [30]. Ce qui fait que les terres de termitière ont une bonne activité biologique. Les fourmis aussi utilisent la matière organique pour la construction de leurs nids [31], ce qui fait que les terres des fourmilières sont enrichies à la fois de carbone et d'azote que le voisinage [19]. Mais les teneurs en phosphore assimilable et potassium sont plus élevées dans les terres de fourmilière que dans les terres de termitière. En effet les fourmis ont un effet positif sur l'immobilisation des éléments nutritifs [13].

La biodiversité végétale [32], [33], la granulométrie [34], [35], le potentiel hydrique [36], la température, le pH optimal [37], [38] et les paramètres chimiques [39] sont des facteurs qui contrôlent la distribution et l'activité des organismes dans les sols.

La densité sporale des Champignons Mycorrhiziens Arbusculaires (CMA) est plus importante dans les terres de fourmilière et les sols du voisinage que dans les terres de termitière. Car la diversité végétale est plus faible aux alentours des termitières [40]. En plus les taux élevés du sable dans les fourmilières et les sols du voisinage les confèrent une bonne aération, ce qui favorise le développement des champignons mycorrhiziens [41]. La teneur élevée en azote dans les termitières a une influence négative sur l'abondance des spores de CMA. Ainsi, les Champignons Mycorrhiziens Arbusculaires sont plus sensibles à l'azote qu'aux autres nutriments et dans certains cas ils diminuent lorsque la disponibilité de l'azote augmente [42]. A l'échelle mondiale, la famille Glomeraceae est relativement la plus abondante [43], [44] alors qu'elle est rare dans les terres de termitières qui ont un taux élevé d'argile. L'abondance de la famille Glomeraceae est aussi liée au taux élevé d'argile [39].

Le taux de nodulation n'est pas lié aux variétés Jiguifa et Simbo du niébé. La présence importante des nodules chez les 2 variétés de niébé peut être liée à la pauvreté en azote des sols du site. Un sol pauvre en azote favorise généralement la formation des nodules chez les légumineuses alors qu'une teneur trop élevée diminue le nombre de nodules [45]. D'autres facteurs peuvent influencer la formation et le développement des nodules comme les caractéristiques physico-chimiques des sols et la structure des colonies de bactéries fixatrices d'azote dans le sol [46]. Les teneurs en carbone, azote, phosphore disponible et potassium sont plus élevées dans les terres de termitière que dans les fourmilières et sols environnants. Ce qui a favorisé plus de nodosités chez les plants des terres de termitière.

Les rhizobiums constituent environ 6% de la flore bactériennes du sol [47] et la dynamique de la communauté des bactéries est également influencée par les paramètres physico chimiques et microbiologiques du sol [48], [49], [50].

Les 11 isolats sous forme de petites colonies aux contours réguliers correspondent à la description des Rhizobiums [51], [52]. L'acidité du site peut expliquer le faible nombre d'isolats car c'est un paramètre qui influence négativement le développement des Rhizobiums [53], [54]. Le pH acide critique pour les Rhizobiums se situe entre pH 4 et pH 6 [55] alors que le pH du site est compris entre 4,7 et 5,68. Le pH optimum pour le développement de la majorité des Rhizobiums se situe entre 6 et 7 mais certaines souches tolèrent un milieu acide [56].

La diversité des isolats constatée dans les terres de termitières et fourmilières pourrait être liée à l'activité des termites et fourmis. La distribution des rhizobiums dans un site donné est sous l'influence des facteurs de l'environnement, les conditions de sol, les pratiques culturales et la plante hôte [57]. Le Type I est présent dans toutes les parties des termitières et dans les fourmilières et absent dans le voisinage. Par contre le Type VI est uniquement présent dans la terre de fourmilière et le Type IV uniquement dans les sols environnants. Donc, les insectes terricoles jouent un rôle important dans la diversification des Rhizobiums.

5 CONCLUSIONS

Ce travail est une contribution pour la valorisation des terres de termitière et fourmilière dont l'utilisation pourrait améliorer le rendement des cultures et conserver la biodiversité agricole dans un contexte de changement climatique. Les terres de termitière et fourmilière étudiées sont différentes au niveau de la granulométrie et de la composition chimique. Ainsi, logiquement, elles hébergent des communautés de Champignons Mycorhiziens Arbusculaires (CMA) et de Rhizobiums différentes.

La densité des spores de CMA est plus élevée dans les terres de fourmilière que de termitière et corrélée à la teneur en phosphore assimilable. La diversité en spores de CMA varie peu entre les terres de termitière et fourmilière. Les spores de la famille Glomeraceae sont plus abondants dans la terre de fourmilière tandis que ce sont les spores des familles de Acaulosporaceae et Scutellosporaceae qui sont les plus nombreux dans les terres de termitière. Les terres de termitière et fourmilière favorisent plus la nodulation des plants de Niébé que les sols avoisinants. Cette nodulation n'est pas corrélée aux caractéristiques physico chimiques des sols. Ce sont les nodules des plants de la terre de termitière qui ont les poids frais moyens les plus élevés. En fonction des caractéristiques morphologiques, 6 morphotypes sont identifiés comme des Rhizobiums. La confirmation que les isolats appartiennent au genre Rhizobium n'a pu être effectuée par l'absence d'examen génotypique basé sur les techniques biomoléculaires. Sur 6 morphotypes, 4 sont présents dans les terres de termitière.

Compte tenu du prix élevé des engrais de synthèse, les terres de termitière et fourmilière apparaissent comme une source alternative pour la fertilisation des cultures. Leurs applications serviraient de clé à une agriculture durable.

REMERCIEMENTS

Cette étude a bénéficié des apports financiers de l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA) à travers le fond pour la formation des formateurs du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique (Mali) et du Projet canadien de formation agricole pour la sécurité alimentaire au Mali-FASAM.

REFERENCES

- [1] R. K. Kasongo, E. Van Ranst, P. Kanyankogote, A. Verdoodt, and G. Baert, «Réponse du soja (*Glycine max*) à l'application de phosphate de Kanzi et de dolomie rose de Kimpese sur sol sableux en RD Congo,» *Canadian Journal of Soil Science*, vol. 92, no. 6, pp. 905–916, 2012.
- [2] N. Graveline and S. Loubier, «Instruments de contrôle de la pollution agricole par les nitrates: revue de littérature,» *Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM)*, 2004.
- [3] C. Floret and R. Pontanier, «La jachere en Afrique tropicale: roles, aménagement, alternatives. V. 1: Actes du seminaire international, Dakar, 13-16 avril 1999.-v. 2: De la jachere naturelle a la jachere ameliorée: le point des connaissances,» 2000.
- [4] R. Calvet, *Le sol: propriétés et fonctions. Constitution, structure, phénomènes aux interfaces*, vol. 1. France Agricole Editions, 2003.
- [5] J. Mokossesse, M. Lepage, and G. Josens, «Croissance en pots de quatre espèces végétales sur des substrats enrichis avec la terre de termitières de cubitermes,» *Tropicultura*, vol. 27, no. 3, pp. 168–175, 2009.
- [6] F. R. Troeh and L. M. Thompson, *Soils and soil fertility*, vol. 489. Blackwell Oxford, 2005.
- [7] S. B. St. Clair and J. P. Lynch, «The opening of Pandora's Box: climate change impacts on soil fertility and crop nutrition in developing countries,» *Plant and Soil*, vol. 335, pp. 101–115, 2010.
- [8] A. Duboisset, A. Moussa, and C. Seignobos, «De la caractérisation du milieu naturel à l'étude des pratiques paysannes: les éléments d'une synthèse délicate,» presented at the Savanes africaines: des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis. Actes du colloque, Garoua, Cameroun, Cirad-Prasac, 2003, pp. 10-p.
- [9] D.-Y. Alexandre, «Étapes de l'artificialisation de l'agriculture burkinabè,» 2000.
- [10] C. S. A. Ballot *et al.*, «Amélioration des rendements de la culture du manioc (*Manihot esculenta* Crantz, Euphorbiales, Euphorbiaceae) par les terres de termitières dans la zone de savane de Damara en République Centrafricaine,» *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, vol. 4, no. 2, pp. 40–53, 2016.
- [11] T. P. M. K. Kpangba, J. Mpika, A. Makoundou, M. A. Bitá, and A. Attibayéba, «Effet de la terre des termitières sur la croissance de trois cultivars de la morelle noire (*Solanum nigrum* L.: Solanaceae) cultivée à Brazzaville (Congo),» *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 14, no. 1, pp. 192–203, 2020.
- [12] M. M'Biandoun and J.-P. O. Bassala, «Savoir paysan et fertilité des terres au Nord-Cameroun,» *Cahiers Agricultures*, vol. 16, no. 3, pp. 185–197, 2007.
- [13] F. Tounkara, B. Sagara, A. Coulibaly, and A. Coulibaly, «Effets de la terre des nids de fourmis pheidole sp (formicidae, hymenoptera) sur la croissance des cultures maraichères en zone soudano sahelienne au Mali,» *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 31, no. 4, pp. 872–881, 2021.
- [14] B. Sagara *et al.*, «Caractérisation de la biodiversité du domaine de l'IPR/IFRA de Katibougou (Koulikoro) au Mali,» Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA), Katibougou, Rapport technique de recherche, 2021.
- [15] C. Walker, «Species in the Endogonaceae: a new species (*Glomus occultum*) and a new combination (*Glomus geosporum*).,» *Mycotaxon*, no. 15, pp. 49–61, 1982.
- [16] «Species Descriptions,» *The International Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi*, 2023. <https://invam.ku.edu/species-descriptions> (accessed Apr. 16, 2023).
- [17] J. M. Vincent, «A manual for the practical study of the root-nodule bacteria.,» *A manual for the practical study of the root-nodule bacteria.*, 1970.
- [18] A. G. Farji-Brener and M. Tadey, «Contributions of leaf-cutting ants to soil fertility: causes and consequences,» *Nova Science Publishers*, New York, p. 81-91, 2009.
- [19] L. A. Lobry de Bruyn and A. J. Conacher, «The role of termites and ants in soil modification: a review,» *Aust. J. Soil Res.*, vol. 28, pp. 55–93, 1990.
- [20] P. Moutinho, D. Nepstad, and E. Davidson, «Influence of leaf-cutting ant nests on secondary forest growth and soil properties in Amazonia,» *Ecology*, no. 84, Art. no. 84, 2003.
- [21] G. Bachelier, «Mise au point sur l'action des termites dans les sols,» *Science du Sol–Bulletin de l'AFES*, vol. 1, pp. 3–12, 1977.
- [22] Y. Tano, «Action des termitières épigées sur les sols et les cultures vivrières en savanes humides soudanienne,» Thèse de Doctorat, Université d'Abidjan. Laboratoire de Biologie animale, Abidjan, 1994.
- [23] L. McComie and G. Dhanarajan, «The physical and chemical composition of mounds of *Macrotermes carbonarius* (Hagen) (Termitidae, Macrotermitinae), in Penang, Malaysia,» *Journal of Soil Science*, vol. 44, no. 3, pp. 427–433, 1993.
- [24] M. Arshad, «Influence of the termite *Macrotermes michaelsoni* (Sjöst) on soil fertility and vegetation in a semi-arid savannah ecosystem,» *Agro-ecosystems*, vol. 8, no. 1, pp. 47–58, 1982.

- [25] T. Wood and R. A. Johnson, «Abundance and vertical distribution in soil of *Microtermes* (Isoptera, Termitidae) in savanna woodland and agricultural ecosystems at Mokwa, Nigeria,» *Memorabilia Zoologica*; 29, 1978.
- [26] B. Dabin, «Les sols acides tropicaux,» *Cahier ORSTOM*, vol. XXI, pp. 17–18, 1984.
- [27] K. E. Lee and T. G. Wood, «Termites and soils,» *Termites and soils*, 1971.
- [28] P. Jouquet, L. Mamou, M. Lepage, and B. Velde, «Effect of termites on clay minerals in tropical soils: fungus-growing termites as weathering agents,» *European Journal of Soil Science*, vol. 53, no. 4, pp. 521–528, 2002.
- [29] C. Roose-Amsaleg, Y. Brygoo, and M. Harry, «Ascomycete diversity in soil-feeding termite nests and soils from a tropical rainforest,» *Environmental Microbiology*, vol. 6, no. 5, pp. 462–469, 2004.
- [30] P. Boyer, «Les différents aspects de l'action des termites sur les sols tropicaux,» *La vie dans les Sols. Paris, France: Gauthier-Villars*, pp. 279–334, 1971.
- [31] M. V. Brian and M. Brian, *Production ecology of ants and termites*, vol. 13. Cambridge University Press, 1978.
- [32] S. N. Kivlin and C. V. Hawkes, «Differentiating between effects of invasion and diversity: impacts of aboveground plant communities on belowground fungal communities,» *New Phytologist*, vol. 189, no. 2, pp. 526–535, 2011.
- [33] R. H. Petipas and A. K. Brody, «Termites and ungulates affect arbuscular mycorrhizal richness and infectivity in a semiarid savanna,» *Botany*, vol. 92, no. 3, pp. 233–240, 2014.
- [34] D. Coleman and E. Elliot, «Let the soil work for us,» *Ecol Bull*, vol. 39, pp. 23–32, 1988.
- [35] G. Kilbertus, «Etude des microhabitats contenus dans les agrégats du sol, leur relation avec la biomasse bactérienne et la taille des procaryotes présents,» *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, vol. 17, pp. 543–557, Jan. 1980.
- [36] Y. Dommergues and F. Mangenot, «Ecologie microbienne du sol,» Masson Paris, 1970.
- [37] C. Azcón-Aguilar, B. Bago, and J. Barea, «Saprophytic growth of arbuscular mycorrhizal fungi,» *Mycorrhiza: structure, function, molecular biology and biotechnology*, pp. 391–408, 1999.
- [38] M. Giovannetti, «Spore germination and pre-symbiotic mycelial growth,» *Arbuscular mycorrhizas: physiology and function*, pp. 47–68, 2000.
- [39] R. Duponnois, A. M. Ba, and T. Mateille, «Effects of some rhizosphere bacteria for the biocontrol of nematodes of the genus *Meloidogyne* with *Arthrobotrys oligospora*,» *Fundamental and Applied Nematology*, vol. 21, no. 2, pp. 157–163, 1998.
- [40] A. K. Brody, T. M. Palmer, K. Fox-Dobbs, and D. F. Doak, «Termites, vertebrate herbivores, and the fruiting success of *Acacia drepanolobium*,» *Ecology*, vol. 91, no. 2, pp. 399–407, 2010.
- [41] S. Lacombe, R. L. Bradley, C. Hamel, and C. Beaulieu, «Do tree-based intercropping systems increase the diversity and stability of soil microbial communities?,» *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 131, no. 1–2, pp. 25–31, 2009.
- [42] K. K. Treseder, «A meta-analysis of mycorrhizal responses to nitrogen, phosphorus, and atmospheric CO₂ in field studies,» *New phytologist*, vol. 164, no. 2, pp. 347–355, 2004.
- [43] H. Otmani and Z. Aksil, «Approche comparative du pouvoir endomycorhizogène de cinq sols forestiers,» 2016.
- [44] R. Nouaim and R. Chaussod, «L'arganier et ses champignons,» *Pour la science*, vol. 360, pp. 76–80, 2007.
- [45] N. Fonder, B. Heens, and D. Xanthoulis, «Optimisation de la fertilisation azotée de cultures industrielles légumières sous irrigation,» *BASE*, 2010.
- [46] P. H. Graham, «Ecology of the root-nodule bacteria of legumes,» *Nitrogen-fixing leguminous symbioses*, pp. 23–58, 2008.
- [47] G. Kishore, S. Pande, and A. Podile, «*Pseudomonas aeruginosa* GSE 18 inhibits the cell wall degrading enzymes of *Aspergillus niger* and activates defence-related enzymes of groundnut in control of collar rot disease,» *Australasian Plant Pathology*, vol. 35, pp. 259–263, 2006.
- [48] A. Emamverdian, Y. Ding, F. Mokhberdoran, and Y. Xie, «Heavy metal stress and some mechanisms of plant defense response,» *The scientific world journal*, vol. 2015, 2015.
- [49] N. Fierer and R. B. Jackson, «The diversity and biogeography of soil bacterial communities,» *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 103, no. 3, pp. 626–631, 2006.
- [50] A. El-Hamdaoui, M. Redondo-Nieto, B. Torralba, R. Rivilla, I. Bonilla, and L. Bolaños, «Influence of boron and calcium on the tolerance to salinity of nitrogen-fixing pea plants,» *Plant and Soil*, vol. 251, pp. 93–103, 2003.
- [51] S. Struffi *et al.*, «Metabolic properties, stress tolerance and macromolecular profiles of rhizobia nodulating *Hedysarum coronarium*,» *Journal of applied microbiology*, vol. 84, no. 1, pp. 81–89, 1998.
- [52] D. C. Jordan, «Family III. Rhizobiaceae Conn 1938,» *Bergey's manual of systematic bacteriology*, vol. 1, pp. 234–244, 1984.
- [53] J. Slattery and D. Coventry, «Acid-tolerance and symbiotic effectiveness of *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* isolated from subterranean clover growing in permanent pastures,» *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 27, no. 1, pp. 111–115, 1995.
- [54] J. Evans, B. Dear, and G. O'Connor, «Influence of an acid soil on the herbage yield and nodulation of five annual pasture legumes,» *Australian Journal of Experimental Agriculture*, vol. 30, no. 1, pp. 55–60, 1990.

- [55] H. H. Keyser and D. N. Munns, «Tolerance of rhizobia to acidity, aluminium and phosphate,» *Soil Sci. Soc. Am. J.*, no. 43, pp. 519–523, 1979.
- [56] P. Somasegaran and J. Hoben, «Handbook for Rhizobia: methods in legume-Rhizobium technology Springer,» *Heidelberg, Berlin*, vol. 339, 1994.
- [57] K. Palmer and J. Young, «Higher diversity of *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* populations in arable soils than in grass soils,» *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 66, no. 6, pp. 2445–2450, 2000.

International migration of refugee family fisheries under the effect of coastal erosion and maritime submersion in Saint-Louis (Senegal)

Abdoulaye Alassane BA¹ and Abdoulaye NGOM²

¹Doctorant, Université Gaston Berger de Saint-Louis, Département de Sociologie, Observatoire pour l'étude des Urgences des Innovations et des mécanismes du Changement social (URIC), Senegal

²Enseignant-chercheur, Université Assane Seck de Ziguinchor, Département de Sociologie, Laboratoire de Recherche en Sciences Économiques et Sociales (LARSES), Senegal

Copyright © 2023 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 examines the ecological and environmental determinants of international migration and internal displacement of artisanal fishers in Saint-Louis, Senegal. The results obtained support the idea that climate change, by inducing warming, ocean acidification and disruption of the reproductive cycles of fish species, has contributed to the scarcity of these species and the impoverishment of artisanal fishermen in Saint-Louis. To adapt and without abandoning the traditional fishing activity, some fishermen emigrate to neighboring countries such as Mauritania and Gambia where they hope for a more profitable fishery, while others, displaced to resettlement sites such as Djougop because of coastal erosion, opt for illegal emigration to Spain despite the Covid-19 pandemic that is raging in the world. If this option does not scare the artisanal fisherman who is used to long sea crossings, it makes sense in the quest for a home and a socio-professional «comfort» torn by the nibbling swells.

KEYWORDS: Migration, artisanal fishermen, coastal erosion, climate change, Saint-Louis.

1 INTRODUCTION

The link between climate change and migration has become a topic that is increasingly focusing researchers working on the issue of migration and more generally on population displacement. In Senegal, many studies have explored the causes of international emigration and more particularly irregular migration. However, few studies have addressed the link between environmental or ecological degradation and population displacement in Africa. To fill this gap, we have chosen to examine in this article the relationship between climate change and internal and international migration of artisanal fishermen, using the Saint-Louis region of Senegal as a field of observation and study. The article is divided into three parts. First, we examine the context of the departures to Europe, focusing on the economic, cultural, political, social, and symbolic causes. Secondly, we will analyze the ecological factors behind the irregular migration of artisanal fishermen from Saint Louis. We will conclude our reflection by examining the link between internal migration and irregular migration of artisanal fishermen from Saint Louis, Senegal.

2 METHODOLOGICAL APPROACH

This work is based on a purely qualitative approach. The results obtained are essentially drawn from observations and interviews with fishermen (protagonists, candidates, and non-candidates for clandestine emigration) and their families, as well as other resource persons such as clandestine emigrants and survivors of clandestine emigration. This heterogeneity of interlocutors is justified by the principle of diversification, which allows for a more global and objective view of the phenomenon under study (Pires, 1997). The main strategy used to reach the participants in the study is snowballing. The participants are distributed among four localities in the department of Saint-Louis that are increasingly affected by the

phenomenon of irregular emigration at sea. These are two popular fishing districts located on the Langue de Barbarie (Guet-Ndar and Goxx Mbacc) and the districts of Pikine and Djougop chosen because they are respectively areas of reception and temporary rehousing of families of fishermen victims of the advancing sea and coastal erosion. To avoid any misunderstanding, the interviews were most often conducted in Wolof and then translated into French.

3 THE CAUSES OF IRREGULAR MIGRATION TO EUROPE

In this part, we will first review the general factors of Senegalese clandestine emigration to Europe and then deal specifically with the ecological determinants of this migratory traffic in Saint-Louis of Senegal.

3.1 GENERAL CAUSES OF SENEGALESE CLANDESTINE EMIGRATION TO EUROPE

Senegalese society embodies a positive representation of travel. In fact, in the popular imagination, it is attributed to cognitive and moral functions that enhance its value: the discovery of another "world" is supposed to enrich knowledge, while the trials or difficulties experienced and overcome are supposed to make one "wise. However, the socio-economic functions of the journey to Europe take precedence over these functions. The economic crisis and the desire to become richer are indeed the main reasons that push Senegalese to emigrate. "In urban areas, the increase in underemployment, the growth of poverty, the generalization of unemployment, the precariousness and low remuneration of work are elements that accentuate emigration" (Ba & Ndiaye, 2008).

In rural areas, the crisis in agriculture due to low rainfall, "drought, lack of efficient agricultural equipment, low productivity of agricultural work, rising prices of fertilizers and depreciation of raw materials (groundnuts, cotton) leaves no opportunity for young people to flourish. (Sakho & Dial, 2010: 4). The gap between job supply and demand remains one of the main causes of youth emigration in a country with a high population growth rate and weak industries. A significant number of young people have diplomas (bachelor's, master's, and doctoral degrees) but lack professional qualifications, which are often expensive. While for the relative minority who do, finding a job or even an internship has become a real obstacle course with the formal sector employing "few people" (GERM, 2019: 28). In addition, "the educational system, which is not adapted to the world of work, and academic failure encourage many young graduates and job seekers to leave" (Sakho & Dial, *ibid.*), to do whatever it takes to land in Europe, as is the case with graduate students who have taken the pirogue to Spain. In addition to the unemployed, there is a plethora of active Senegalese workers who, because of their low income, make their way to Europe where they hope to find better wages.

The consumer society (Baudrillard, 1970), of competition and individualization in which Senegalese communities are engaged through globalization, leads to marginalizing inequalities, and undermines the traditional solidarity mechanisms that recovered the individual in economic and psychological difficulty. In fact, young people seem to be abandoned to themselves. They have the feeling that the State does nothing for their professional integration while social pressure and family burdens weigh heavily on them. The family in "nuclear" transition is often experienced by these young people as a burden in a Senegalese society where they are called upon to take over from the father of the family, not only by taking care of household expenses, but also by educating their younger children. These burdens, which stifle individual autonomy, are heavier in polygamous households, where the eldest child is not sufficiently wealthy, and the younger children are dependent on him.

Faced with all these constraints and stressful ordeals, some elders, and cadets thirsty for emancipation see clandestine emigration as the only solution to get out of their situation. Among would-be migrants, the gaze is not generally riveted on those who die at sea, but rather on the survivors of this suicidal journey, who have succeeded after sacrifice in building one or more beautiful houses, in extirpating their families from poverty and in marrying the women of their dreams in a society where the cost of marriage tends to become more and more expensive. The image of the modou-modou (migrant in Wolof) is associated in Senegalese reality with social success (teeki in Wolof), while emigration to Europe is seen as a shortcut to social ascension: " [...] we see that the guy who has spent two years in Europe, for example, as soon as he returns, he can achieve in the space of a year what someone who has studied for, say, 10 years has not been able to achieve" (Ludl, 2008: 105). This prowess in social ascension is very recurrent among the Modu-Modu and is revealed, in some respects, as a sign of the "failure" of the state in difficulty to generate or significantly favor more prosperous workers (who have remained in the country) than the latter.

The figure of the modou-modou, which is fantasized, now seems to dethrone the figure of the elites or civil servants produced by the school, which no longer inspires dreams as it did before, during the era of the "intellectual myth" (Havard, 2001). This era predates the structural adjustment policies that have considerably diminished the State's "employer status" at the mercy of its "disengagement". Today, the figure of the ku jàng ekool (the one who learned at school) is placed in the background (Banégas & Warnier 2001) with the school benches now stripped of their role as social elevator (Moulard, 2014).

Setting up the Modous-Modous as models, a multitude of young people today only think of going to Europe, to Kaaw to quote (Sall, 2011). "Derived from the Wolof word for high (kaw), kaaw represents both the elevation produced by physical displacement to countries almost invariably located in the North, and the elevation of status (...)." (Moulard, *ibid*: 420). The presence of relatives in the host country is one of the reasons why some people migrate clandestinely, thinking that they will come to their rescue once they arrive. Moreover, if there is an even greater number of would-be migrants who engage in irregular emigration by sea, this is also linked to the weakness of maritime controls along the Senegalese coast and the absence of significant sanctions against the organizers of this traffic.

3.2 ECOLOGICAL CAUSES OF IRREGULAR EMIGRATION OF ARTISANAL FISHERMAN FROM SAINT-LOUIS, SENEGAL

To survive, humans have always migrated to distant, more stable areas when nature, in turmoil, threatens or makes their habitat or environment unliveable. However, the "ecological" or "environmental" problem of migration only appeared in international circles belatedly (Diallo and Renou, 2015: 87), starting in 1972 when the first United Nations Conference on the Environment was held in Stockholm, and the United Nations Environment Programme (UNEP) was created in its wake. After more than a decade, in 1985, the term "environmental refugees" appeared as the title of a UNEP report. The definition given to this term by the report's editor, Essam El Hinnawi (1985), is as follows: "those who are forced to leave their place of living temporarily or permanently because of an environmental disruption (natural or man-made) that has endangered their existence or seriously affected their living conditions. By environmental disruption, we refer to the deleterious effects of natural disasters (drought, famine, rising sea levels, earthquakes, cyclones, floods, etc.) and anthropogenic disasters (industrial accidents, soil degradation, forest fires, land use policies, among others).

In the report, Essam El Hinnawi estimated that "more than 10 million people have fled for environmental reasons and have found refuge both inside and outside their country" (Gonin and Lassailly-Jacob, 2002). (Gonin and Lassailly-Jacob, 2002). By 2050, there will be between 150 million and 1 billion environmental migrants (Decrop, 2008) and a world population of 9 billion.

This figure illustrates the importance of the environmental dimension in international migration today and in the future, which seems to have no future in view of the intensification and multiplication of climate risks. The specificity of this dimension lies in the constraint that environmental disasters exert on the migration of victimized populations, but also, in several respects, on the possibility of protecting or taking refuge in their State of origin (Legoux, 2010: 67), which obviously has safe, vacant spaces. It is this possibility that decisively and legally opposes the notion of climate migrants to the notion of "political refugees," which refers to a limited group of actors who must be protected from their State of origin (against persecution linked to the absence or crises of democracy, racism, etc.) under the 1951 Geneva Convention. In the context of this work, the focus is only on climate refugees in their own country of origin, which is Senegal, and on the contribution of climate change in the clandestine migration of populations affected by it. This population concerns only the fishing communities settled on the Langue of Barbarie subject to coastal erosion and sea level rise.

In Africa, during the 1973-74 and 1984-85 droughts, the fishing sector was less affected. Instead, it was positioned as a refuge activity for a host of peasant farmers and herders fleeing their villages hit hard by the scarcity of rainfall. This position of refuge, artisanal fishing has maintained during the global economic crisis of 2008 under the effect of which unprecedented rushes of sub-Saharan migrants to the Canary Islands were recorded. "Fishing, which is much more prosperous and often in demand for labor, was a welcome destination for these young people [Senegalese]" (Sall & Morand, 2008: 34). This renders bland the premature thesis of a fishing crisis that forced young fishermen to go to Europe, even though most trips were "made on fishing pirogues that only experienced fishermen can master on the high seas" (Sall & Morand, *idem*: 33).

However, in Senegal, this thesis is gaining renewed interest nowadays due to a combination of circumstances that have recently contributed to the massification of artisanal fishermen in the rush of migrants to the Spanish archipelago. In fact, population growth, climate change, overfishing, especially industrial overfishing, and the Covid-19 pandemic (Ba & Ngom, 2022), are all concomitant factors that have recently plummeted the economy of artisanal fishermen. Impoverished and desperate to remain in their country of origin where they can no longer make ends meet, artisanal fishermen have taken to the dugout canoe to reach Spain, thus abandoning their socio-professional activity.

3.2.1 FROM REHOUSING SURVIVORS OF MARITIME EROSION TO THEIR IRREGULAR EMIGRATION TO EUROPE

Composed of the districts of Guet-Ndar Lodo, Guet-Ndar Dack, Goxu Mbacc, Haut Ndar Toute and Bas Ndar Toute, the Langue de Barbarie (Saint-Louis du Sénégal) is a strip of land wedged between the Senegal River and the Atlantic Ocean. This geographical position, which reflects the abundance of a water regime, the existence of a dense climate and the agro-ecological

potential of the area, represents both an asset and a constraint for the artisanal fishermen of Saint-Louis. Indeed, the latter, taking advantage of both the fishery resources of the sea and the river, are subject to shocks from the rise in sea level and coastal erosion. Shocks that result, among other things, in the devouring of beaches, fishing docks, the confiscation of entire houses of fishermen now threatened with socio-professional mobility (abandonment of fishing). It is from the year 2000 that the violence of the waves was more felt among the local populations of the Langue de Barbarie. In 2016, several houses collapsed under the impact of the resurgence of exceptional swells whose disasters were already predicted following the assaults of violent waves in 2010. The census conducted in 2018 reported 3278 people directly affected (Republic of Senegal, 2020: 4). While soon, without effective measures of containment or resilience, the number may double. Huge social infrastructures (houses, schools, mosques, cemetery, etc.) and commercial infrastructures were swept away by the swells. Loss of life was noted while some injuries led to disability. In response to recurrent environmental displacement and the vulnerability of families located 20 meters from the sea, the State of Senegal, with the support of the World Bank, has implemented a five-year Emergency Recovery and Resilience Project in Saint-Louis (SERRP/2018-2023) for 927 impacted households.

After identifying the priority targets and the site of relocation of the victims in the Commune of Gandon (in Djougop) as a suburb of the said city, the Project undertook the installation and distribution of Mobile Housing Units (MHUs) with the technical support of UNOPS (United Nations Office for Project Services). While waiting for the availability of permanent houses, the Project designed the MHUs to temporarily rehouse the victims of coastal erosion while being better than the fragile tarpaulin tents under which most of the victims of the Langue de Barbarie took refuge in the flooded and unhealthy site of Khar Yalla, characterized by the severe lack of electricity and water. Because of the demonstrations carried out mainly by the Guet-Ndariens against the precariousness that these displaced persons were living with difficulty, but also that of the refugee households in the Maison de la Femme (Camp Gazelle), the first UMH were granted as a priority and urgently to these two groups of disaster victims. In July 2019, 692 people were thus housed in the UMHs installed on part (1, 2 ha) of the site developed in Djougop (Republic of Senegal, 2020). This relocation also involved several refugees living with host families.

By displacing entire families who used to live by the sea, the advance of the latter and coastal erosion has created more fishermen candidates for illegal emigration among the refugee families as well as those in front of the sea, permanently exposed to nibbling swells. Shocks and threats that affect the local artisanal fishery, which is already undermined by the depletion of fishery resources due to climate change (disruption of the reproduction cycle of fish species), overexploitation (Failler & Binet, 2010), non-compliance with fishing standards (IPAR, 2020), as well as the low resilience of fishermen and authorities in charge of fisheries development. In view of the slow availability of the "permanent housing" promised by the SERRP and the uncertainty of benefiting from it, this migratory candidacy is supported, in many respects, by the urgency of extricating oneself from the precariousness (residential, social, economic, etc.) of daily life after displacement (disaster victims), or the threat of it among households dangerously threatened by coastal erosion, the need to find a suitable permanent home whose undeveloped land is worth a few dollars. The need to find a suitable house with undeveloped land worth several million dollars, which is difficult to find in the country for a fisherman who is surviving due to the scarcity of fish stocks. Also, for this category of victims who lost their profession of fisherman following the move to distant corners of the sea or disability caused by the unexpected shock of the collapse of houses under the assault of unprecedented waves. In addition to all this, there is the recent increase in the prices of construction materials and equipment, and cement, the price of which is currently close to CFAF 80,000 per ton, as opposed to CFAF 60,000, the price that prevailed in 2021.

The open tent shown in the picture above is home to an entire family of fishermen living in promiscuity. As part of the rehousing project, the father of the family, A. Seck, was given only one room for a household of more than seven members including minor children. The room is the UMH, which had to be subdivided into two tiny portions between which is interposed a very usual curtain: a part housing the children; and another to keep the privacy of the parental couple. A woman fish processor, mother of a family living nearby, lives an almost analogous situation. She says that:

"Here, 10 families share a single kitchen; the toilets are worse. We have no space to relax and no electricity except for the small solar lamps that came with the tents. Some of them are not even functional; my husband had to buy fragile Chinese solar lamps that never last". [N. Guèye, July, 2021].

In the dry season, the heat experienced by some refugees in the relocation site is more overwhelming when compared to their previous life by the sea. If a handful of respondents show perseverance, most of them do not hold back their lamentations about their sad fate, for which indiscreet confidences seem to serve as a springboard to ease the pain. The precariousness experienced daily in the mobile housing units tends to last and to be exacerbated while the resettlement of victims of coastal erosion is programmed to be a transitional stage accompanying them to find a house in hard. Almost all the evacuees do not

rely on their own means to find a house but rather on the state and local authorities. But, until now, the public authorities have only made promises whose realization is piously awaited. Tired of promises, a young fisherman says this:

"But our patience has limits. Watch! The houses have been collapsing since 2016. Since then, nothing, we are now in 2021, five years, we are still left in these very difficult conditions." [Seck, interviewed in June, 2021].

Recall that on the occasion of a visit to the construction sites of the relocation site (Djougop) of populations victims of coastal erosion, the Minister of Territorial Communities, Development and Territorial Planning at the time, in the company of senior officials such as the Director General of the Municipal Development Agency (ADM) and the Mayor of Gandon, had declared that "arrangements are being made, within the framework of the Emergency Recovery and Resilience Project in Saint-Louis (SERRP) as well as the Saint-Louis Coastal Protection Project (PPCS) to relocate these families in a very large site, with permanent buildings, and equipped with all the necessary security"¹

While this promise will be kept for the benefit of the targeted households, there is no certainty that the SERRP will take care of all the victims of coastal erosion or the advancing sea, survivors not identified by the project at the time of its development. It should be noted, however, that most of the refugees feel that their misery is being politicized. The authorities visit them only rarely and occasionally (around elections) when they are tired of the recurrent promises. The simple fact that the refugees are living in small mobile resettlement units in Djougop is indicative of their poverty. A socio-economic precariousness that makes it impossible to buy land and build on it, or to rent a house or rooms.

Under the SERRP, however, "concessions" had a choice between rent subsidies and moving to the relocation site in Djougop. But more than 80% of concessions had preferred to relocate to the temporary housing (World Bank, 2018). Today, this rate of preference tends to decrease because a good portion now adheres to the idea of subsidizing rents to the detriment of free UMH that have become less comfortable or comforting. On the other hand, in some households, the large size of family members is proving to be a stumbling block to the commitment to rent, due to the high costs involved despite the likely subsidy. While the Relocation project has a limited budget.

Many fishing families have not abandoned their traditional activity despite the long distance that now separates them from the sea, the fishing docks, and the selling points in Saint-Louis city. To get to the latter, refugees in Djougop, for example, travel about 12 km by bus or cab, wasting both time and money spent on transportation. During the surveys, it was noted that women processors and fish sellers leave for town together very early in the morning and return together before nightfall. This collective attitude, which is supported by some fishermen, is restrictive for these women sellers who have experienced poor sales or earned little income before returning home. It is however justified by the insecurity related to the distance and the enclave of the place of "temporary" rehousing requiring an important device of public electrification and de-cluttering. Women and girls fear being assaulted or raped. To prevent this constraint, the President of the Khar Yalla disaster victims, Mamadou Thiam, had recommended, before the installation of the refugees in the relocation site, during the presentation of the UM (Ndarinfo, 2018), the provision of a special bus for the beneficiaries of the latter.

The stressful situation related to long travels, insecurity and isolation is something that fishing families have never experienced before, when they lived by the sea, at the heart of the fishing activity. It is not without consequences on their income. The return trips are considered expensive (about 500 CFA francs per day) by women processors and artisanal fishermen living from day to day with meager means and income that sometimes "eclipse" the illusion or ambition to offer themselves a private shelter worthy of the name in the desired location. Sometimes, it happens that after having made transport costs, travelled a long distance to reach the fishing docks as well as kilometers at sea by means of the artisanal pirogue that is rich in gasoline, the fisherman returns empty-handed. This reality is becoming more and more frequent and pushes some refugee fishermen in Djougop to diversify their activities, by devoting themselves to masonry, for example, during the days that are vacant for fishing.

Getting a house is the most important wish for any refugee who is temporarily resettled. And for many of the fishermen refugees, going to Spain is a shortcut to fulfilling this pious and urgent wish. As most of the artisanal fishermen are not educated, are unaware of the procedures for obtaining a visa (always selective, slow, and costly), fear the path of the desert, and only know the sea, clandestine emigration by means of a pirogue represents for them a route of choice to reach the Spanish

¹ See the link <https://theydakar.net/saint-louis-les-victimes-de-lerosion-cotiere-de-khar-yalla-et-gazeite-bientot-relogees-a/>

archipelago and both ends. The familiarity with the sea is for them an asset in the context of migratory traffic at sea and not a risk compared to the situation of other non-fishermen. It is in this case that a candidate for clandestine emigration states:

"Going to Spain is a must for most. I'll tell you why: from 2016 until now, our houses have collapsed, and we've been put under fragile tarps. We live from day to day; without money, we don't survive. People must sacrifice themselves in these conditions. In addition, it is you [the non-fishermen] who are surprised and frightened to leave for Spain by dugout, but not us. Because I, for example, have been at sea for 20 days during which you see nothing at night, except foreign boats. [A. Seck, Djougop, June 2021].

This point of view is widely shared by the parents of fishermen who have a very different relationship with illegal emigration than non-fishermen. Indeed, the former are less reticent about this illegal and risky practice than the latter. Even if they are aware of the dangers of the sea, the parents of fishermen do not fear it as others who have neither grown up at sea nor had fishermen sons going to and coming back home after days or weeks spent at sea. This being the case, most fishermen's parents agree with the thesis that illegal emigration is less dangerous for fishermen compared to others. It is in this line that a fishermen's relative who has a son and two nephews who left for Spain by means of the pirogues, develops this:

"Going to Europe by dugout is a risk. You risk being confronted with violent winds (...). It is better if it is a fisherman (...). A fisherman can stand up in the dugout, sit down and eat, but if it's the others, they're going to get nautical (...). There are even fishermen who experience this naupathy when they stay a long time without going to sea. The naupathy kills: the intestines go to the point of emptying; all the water drunk is empty. In this state, you become *laatikaam* one who cannot do anything, who cannot even get up at night (...). There is a period when the fishermen (...) stayed 20 days at sea, in a big boat like this one [indexing] but the biggest. We sailed all the way to the Moroccan border. " [Pa Nogaye Baro, December 17, 2020].

In Djougop, a good number of fishermen's parents do not oppose the clandestine emigration project of their sons, given their precarious situation. While the few fishermen who survived clandestine emigration that we were able to investigate, tend to repeat the illegal journey, about which they all recognize that they have had advantages over their fellow travelers who are not fishermen, even though in the event of a capsizing in the middle of the sea, the chances of survival are almost equal, even for those who can swim. Some have reported witnessing, during their journey, deaths related to prolonged naupathy (among non-fishermen) as well as the throwing of bodies (into the sea) which still do not traumatize anyone. It should be noted that the stay at sea during a fishery is different in many respects from the stay at sea during illegal emigration to Spain, which requires a longer journey. In fact, it is only during the latter that the boat is usually overloaded with passengers and luggage, making it more vulnerable to collisions with rocks and strong winds.

4 CONCLUSION

Climate change is a global scourge whose shocks are unevenly distributed and experienced in time and space, depending on the resilience of ecosystems and populations. In Senegal, in the Langue de Barbarie (Saint-Louis), where many fishing communities live, its consequences are reflected, among other things, by the depletion of fish resources, a source of poverty, as well as by the advancement and erosion of the sea, which causes significant displacement of the victims. To help them, the SERRP has set up Mobile Housing Units (UMH) to temporarily relocate the displaced in the site of Djougop (Commune of Gandon), while waiting for the promise of hard houses to materialize. Notwithstanding this intervention, the refugee fishing families are facing multiple hardships: impoverishment, poor living conditions, distance from the sea and fishing activities, reduced income, problems of access to basic social services, etc. Such hardships lead to clandestine emigration of fishermen to Spain and migration to neighboring countries such as Gambia and Mauritania where fish stocks are more abundant. To leave for Spain by means of the pirogue is seen by the fishermen candidates as a shortcut to succeed and to get a nice house. Their familiarity with the long stays of fishing at sea is seen as an asset in the realization of their migratory project.

REFERENCES

- [1] A. A. Ba & A. Ngom, « Émigration clandestine des pêcheurs artisanaux de Saint-Louis du Sénégal sur fond de pandémie du covid-19 », *Mélanges philosophiques*, vol. 6, p. 15-32, 2022.
- [2] C.O Ba & A. I. Ndiaye, « L'émigration clandestine sénégalaise », *Revue Asylon (s)*, n°3, in <http://www.reseau-terra.eu/article717.html>, 2008. [En ligne].
- [3] R. Banegas & J.P. Warnier, « Nouvelles figures de la réussite et imaginaires politiques », *Politique Africaine*, n°82, p. 5-23, 2001.
- [4] Banque mondiale, *Projet de relèvement d'urgence et de résilience à Saint-Louis*, 2018.
- [5] J. Baudriallard, *La Société de consommation*, Paris, Denoël, 1970.
- [6] G. Decrop, « Un statut de réfugié environnemental est-il une réponse pertinente aux effets sociaux du réchauffement climatique ? », *Revue Asylon (s)*, n°6, In <http://www.reseau-terra.eu/article851.html>, 2008. [En ligne].
- [7] A. Diallo & Y Renou, « Changement climatique et migrations: qualification d'un problème, structuration d'un champ scientifique et activation de politiques publiques », *Mondes en développement*, n°172, pp. 87-107, 2015.
- [8] E. El-Hinnawi, *Environmental refugees*, Nairobi, United Nations Environment Programme, 41p, 1985.
- [9] Fao, *La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture*, Rome, 2018.
- [10] Germ, *Migrations sénégalaises: passer par le Niger pour rejoindre l'Europe*, 2019.
- [11] Giec, *Rapport spécial du GIEC sur les océans et la cryosphère dans le contexte du changement climatique*, 2019.
- [12] P. Gonin & V. Lassailly-Jacob, « Les réfugiés de l'environnement: Une nouvelle catégorie de migrants forcés ? », *Revue européenne des migrations internationales*, vol. 18, n°2, pp. 139-160, 2002.
- [13] J. F. Havard, « Ethos « bul faale » et nouvelles figures de la réussite au Sénégal », *Politique africaine*, n°82, pp. 63-77, 2001.
- [14] L. Legoux, « Les migrants climatiques et l'accueil des réfugiés en France et en Europe », *Revue Tiers Monde*, n°204, pp. 55-67, 2010.
- [15] C. Ludl, « To Skip a Step: New Representation (s) of Migration, Success and Politics in Senegalese Rap and Theatre », *Stichproben Vienna Journal of african studies*, vol. 8, n°14, pp. 97-122, 2008.
- [16] S. Moulard, « Le regard entre deux rives: la migration et l'exil dans le discours des rappeurs sénégalais », *Cahiers d'études africaines*, n°213-214, pp. 415-449, 2014.
- [17] République du Sénégal, *Stratégie de restauration des moyens de subsistance des populations affectées de la langue de barbarie*, 2020.
- [18] P. Sakho & F.B. Dial, « Migration clandestine féminine. Étude de cas de Dakar et sa banlieue », *CARIM*, Notes d'analyse et de synthèse n°56, 2010.
- [19] A. Sall & P. Morand, « Pêche artisanale et émigration des jeunes africains par voie piroguière », *Politique africaine*, n°109, pp. 32-41, 2008.

Flore et végétation des zones rudérales du Parc National d'Azagny et identification des espèces exotiques envahissantes

[Flora and vegetation of the ruderal areas of Azagny National Park and identification alien species]

Sopie Elvire Vanessa AKAFFOU¹, Zinsi Roseline GOULI GNANAZAN¹, Franck Placide Junior PAGNY², Kouassi Kouman Noël NANAN³, Arthur Philippe DJAN³, Ouattara MEVANLY³, and Marie-Solange TIÉBRÉ^{1,3}

¹Laboratoire des Systématiques, Herbiers et Musée Botanique, Centre National de Floristique, UFR Biosciences, Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

²UFR Environnement, Université Jean LOROUGNON GUÉDÉ, Daloa, Côte d'Ivoire, BP 444, Daloa-Tazibouo 2, Côte d'Ivoire

³Laboratoire des Milieux naturels et Conservation de la Biodiversité, UFR Biosciences, Université Félix HOUPHOUËT BOIGNY, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 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: Azagny National Park, is only coastal park in Côte d'Ivoire classified a zone RAMSAR. However, It is subject to strong degradation. The most common causes are peripheral agriculture, harverting of non-timber and wood forest products. All these factors lead to the increase of tracks, and therefore of ruderal areas, which facilitate the establishment, abundance and proliferation of invasive plants. These species are among the greatest threats to the integrity of protected areas and their struggle is a challenge. It is therefore necessary at first to know the ruderal flora of the park which is hitherto little known, to determine the invasive plants present in the park. The general objective of this study to improve knowledge of the flora and vegetation of the ruderal areas of Azagny national park. To achieve this objective, floristic inventory was carried in 92 plots of 50 m² (5m x 10m) equidistant from 300m. The plant species were inventoried taking into account their abundance-dominance. The flora contains 150 species. 18 species with a particular status were inventoried. Ruderal areas of the park are home 15 invasive plants, including ten proven invasive plants, four potential ivasive plants and one species to monitor. Phytosociological study identified three plant groups including one of which were colonized by invasive plants. It is necessary to put in place a strategy and an action plan for these invasive plants in order to avoid the possible evolution in this forest heritage.

KEYWORDS: Ruderal area, Alien species, Plant group, Azagny national park, Côte d'Ivoire.

RESUME: Le Parc National d'Azagny (PNA) est le seul parc du littoral ivoirien à être classé comme une zone RAMSAR. Présentement, ce massif forestier n'échappe pas aux pressions anthropiques. Les causes les plus courantes sont les prélèvements de produits forestiers et l'agriculture périphérique. Tous ces facteurs entraînent l'accroissement des zones rudérales d'où prolifèrent les plantes invasives. Ces espèces invasives constituent une menace pour les aires protégées et leur contrôle reste un défi. Il est nécessaire dans un premier temps de connaître la flore rudérale du parc qui jusqu'à présent n'a fait l'objet d'aucune étude, et ensuite, de déterminer les espèces invasives présentes dans les zones rudérales du parc. L'objectif général de cette étude est d'améliorer les connaissances sur la flore et la végétation des zones rudérales du parc. Pour atteindre cet objectif, un inventaire floristique a été effectué dans 92 placettes de 50 m² (5m x 10m) équidistant de 300 m, installées dans les biotopes rudéraux. Les plantes ont été inventoriées en tenant compte de leur abondance-dominance. La flore rudérale du parc renferme 150 espèces dont 18 espèces à statut particulier. Il a été recensé 15 plantes invasives dont 10 espèces avérées invasives, 4 invasives potentielles et une espèce à surveiller. L'étude phytosociologique a permis de déceler 3 groupements végétaux dans les milieux rudéraux du parc dont un groupement végétal caractérisé par la dominance de plantes invasives.

Il devient nécessaire de mettre en place une stratégie de lutte contre ces plantes invasives en vue d'éviter leur prolifération dans ce patrimoine forestier.

MOTS-CLEFS: Milieu rudéral, plante invasive, groupement végétal, Parc National d'Azagny, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

La flore des pistes, des friches, des voies ferrées, des terrains vagues, des décharges, des décombres, des dépotoirs, des bordures de routes, des massifs forestiers est généralement appelée la flore rudérale. Cette flore pousse spontanément dans des milieux perturbés [1]. Très peu connues de la plupart des professionnels et des expérimentateurs en production végétale, les espèces rudérales sont pourtant des éléments majeurs de la biodiversité et des écosystèmes. Leur rôle est d'une importance capitale en termes de protection des sols contre l'érosion, d'apports en azote, d'hôtes pour la faune et de bien d'autres services écosystèmes [2]. Cependant, ces milieux jouissent d'une réputation détestable [3]. En effet, ces milieux pour la plupart, sont surtout connus pour être des milieux de prolifération des espèces exotiques envahissantes [4], [5].

Les espèces exotiques envahissantes ou invasives, sont des plantes, des animaux et d'autres organismes qui ne sont pas natives de l'écosystème, dont l'introduction par l'homme, volontaire ou fortuite, cause des dommages écologiques, socio-économiques et nuisent à la santé humaine [6]. Les conséquences de ces espèces invasives sur les écosystèmes, les habitats et sur les espèces indigènes sont graves et souvent irréversibles [7]. Les plantes exotiques envahissantes constituent l'une des causes directes de perte de la biodiversité dans le monde [8]. Elles influencent non seulement la richesse spécifique et la composition des communautés végétales envahies mais modifient aussi les interactions trophiques et les services de régulation et de soutien au sein des écosystèmes [9], [10]. Aussi, les espèces invasives sont capables d'envahir tous les types d'écosystèmes. En effet, elles sont dotées d'une capacité de dominance qui entraîne la disparition des autres espèces peu concurrentielles [11]. Cette appropriation de l'espace se fait grâce aux caractères propres de ces espèces les rendant plus compétitives vis-à-vis des autres plantes, mais aussi avec le concours des conditions environnementales du milieu d'accueil [12]. De plus, l'UICN estime les coûts causés par les espèces invasives à l'échelle globale à plus de 1400 milliards de dollars, c'est-à-dire l'équivalent de 5 pour cent de l'économie mondiale [7]. À titre d'exemple, l'estimation des coûts économiques des invasions biologiques en France est de 1,1 à 10,2 milliards d'euros en 25 ans [13]. Dans les paysages ouest africains, plus de 60 % des habitats naturels ont été anthropisés [9]. Ce qui a favorisé la propagation de nombreuses plantes invasives représentant d'une part, une menace croissante pour l'écologie et d'autre part, un sérieux problème pour de nombreuses aires de conservation dans le monde entier [14], [15], [16].

En Côte d'Ivoire le Parc National d'Azagny (PNA), est une aire de conservation située dans le littoral ivoirien. Ce parc est classé comme une zone RAMSAR. Il compte une multitude d'habitats dont des mangroves, des marécages à palmiers *Raphia*, des mares, des rivières, des forêts marécageuses, des savanes incluses, des forêts sur terre exondée et sur terre périodiquement inondée, etc [17], [18]. Au regard de son importance et de sa situation géographique, ce massif forestier n'échappe pas aux énormes pressions anthropiques. Les causes les plus courantes sont les prélèvements de produits forestiers non ligneux et ligneux, l'agriculture périphérique, etc. [17], [18]. Tous ces facteurs entraînent l'accroissement des pistes, donc des zones rudérales, ce qui facilite l'établissement, l'abondance et la prolifération des plantes invasives. Il a été démontré que la vulnérabilité d'un site à être envahi dépend de l'intensification des zones rudérales [10]. À ce jour et à notre connaissance, aucune étude portant sur les milieux rudéraux en général et en particulier sur les espèces végétales exotiques envahissantes n'a été abordée dans le parc national d'Azagny. Par conséquent, une étude sur la végétation et la flore des zones rudérales s'avère nécessaire, afin de pallier l'insuffisance des données scientifiques sur ces zones rudérales, source de conservation d'une certaine diversité biologique.

Les questions posées dans cette étude sont: (1) quelles sont les espèces végétales qui colonisent les milieux rudéraux du parc national d'Azagny ? (2) quelles sont les espèces invasives rencontrées ? (3) quels sont les groupements végétaux qui caractérisent ces milieux ?

Pour répondre à ces interrogations suivantes, l'objectif général de cette étude est d'améliorer les connaissances sur la flore et la végétation des zones rudérales du parc national d'Azagny. De manière spécifique, il s'agira de: (1) inventorier les espèces végétales des zones rudérales du parc, (2) identifier les plantes exotiques envahissantes et (3) déterminer les groupements végétaux et les espèces caractéristiques.

Les hypothèses suivantes ont été avancées: (i) la végétation des zones rudérales du parc national d'Azagny est riche et diversifiée (ii); les zones rudérales du parc national d'Azagny abritent de nombreuses espèces végétales exotiques envahissantes et (iii) cette végétation rudérale est structurée en plusieurs groupements végétaux contenant des plantes invasives.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 LOCALISATION DE LA D'ÉTUDE

L'étude s'est déroulée dans le Parc National d'Azagny (PNA) situé dans le sud de la Côte d'Ivoire, entre les latitudes Nord 5°09' et 5°16" et les longitudes Ouest 4°48' et 4°58' (Fig. 1). Il s'étend entre les départements de Grand-Lahou et de Jacqueline. C'est une relique de forêt littorale primaire psammohygrophile de 19400 ha. Le climat est du type subéquatorial [19] caractérisé par quatre saisons: deux saisons sèches qui couvrent respectivement les périodes de janvier à février et le mois d'août et deux saisons pluvieuses qui s'étalent du mois de mars à juillet, puis du mois de septembre à décembre. Les précipitations moyennes annuelles enregistrées par la station météorologique SODEXAM pour la période de 2010 à 2020 sont de 1650 mm pour une température moyenne annuelle de 26 °C et une humidité relative moyenne d'environ 85 p.c [20]. Le sol du Parc National d'Azagny varie en fonction des secteurs. Au nord, le sol est de type ferralsol fortement désaturé avec un horizon humifère peu épais, sableux grossier et poreux. Au Sud, le sol est de type alluvionnaire et hydromorphe organique. Ce type de sol couvre plus de la moitié du parc. Le sol est sableux et mêlé aux dépôts alluviaux du fleuve Bandama pour donner des sols pseudopodzoliques sans horizon d'humus à proximité de la mer [21]. Le parc national d'Azagny appartient aux forêts de Haute Guinée. On y rencontre des espèces telles que *Piptadeniastrum africanum* (Hook.) Brenan (Fabaceae), *Anopyxis klaineana* (Pierre) Engl. (Rhizophoraceae), *Tieghemella heckelii* Pierre ex A. Chev. (Sapotaceae). Dans les vieilles jachères, les espèces communes sont entre autres: *Musanga cecropioides* R. Br (Urticaceae), *Anthocleista nobilis* G. Don (Loganiaceae), *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Heckel (Euphorbiaceae). Les forêts marécageuses sont dominées par les espèces telles que *Uapaca paludosa* Aubrév. & Léandri (Euphorbiaceae), *Xylopia rubescens* Oliv. (Annonaceae), *Hallea ledermannii* (K. Krause) Verdc. (Rubiaceae), *Raphia hookeri* Mann & Wendl. (Arecaceae). Les savanes littorales ou côtières sont dominées par *Borassus aethiopum* Mart. (Arecaceae), *Imperata cylindrica* (Anderss.) C.E. Hubbard (Poaceae), *Echinochloa pyramidalis* (Lam.) Hitchc. & Chase (Poaceae). Enfin, les mangroves sont dominées par *Rhizophora racemosa* G.F.W. (Rhizophoraceae) et *Avicenia germinans* (L.) L. (Acanthaceae) [22].

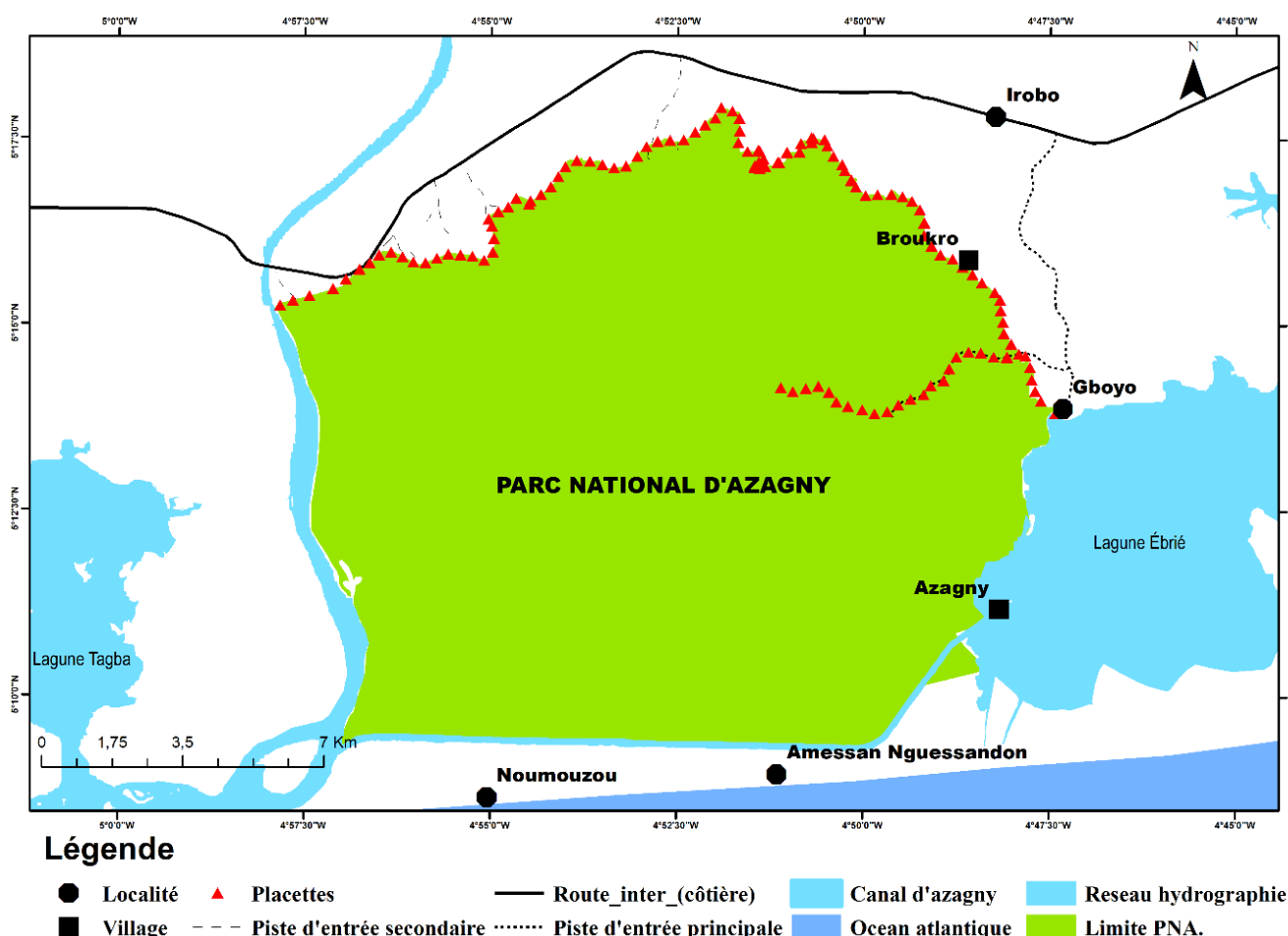


Fig. 1. Localisation des placettes d'échantillonnage dans le parc national d'Azagny

2.2 COLLECTE DES DONNÉES

Les données ont été recueillies selon deux méthodes de relevé: la première est la méthode de relevé de surface. Elle a consisté à installer 92 placettes de 50 m² (5 m x 10 m) équidistantes de 300 m dans les milieux rudéraux du parc (aux abords des pistes, des routes et à la périphérie du parc). À l'intérieur de chaque placette, toutes les plantes rencontrées ont été recensées et leur recouvrement (abondance - dominance) a été estimé suivant l'échelle de [23]. La seconde méthode est un inventaire itinérant. Elle a été effectuée afin de recenser les plantes rudérales, invasives et à statut particulier non inventoriées dans les relevés de surface suivant le protocole de [10]. L'identification des plantes a été faite grâce à la clé d'identification de [24]. Cette clé est basée sur la reconnaissance de la feuille, des fruits et dans certains cas de la section du tronc. Les noms des espèces suivent [25] et la nomenclature adoptée pour les familles est celle de [26]. Les plantes non identifiées sur place ont été récoltées et déterminées par comparaison avec les échantillons en Herbar du Centre National de Floristique.

Pour l'identification des plantes invasives, une synthèse des travaux sur les plantes invasives de la Côte d'Ivoire a été réalisée. Il s'agit, des rapports scientifiques [27], [14], des articles scientifiques [28], [29], [30], [31], [32], [33] [34]. La base de données des espèces envahissantes de l'Herbar du Centre National de Floristique a été aussi consultée [35] ainsi que la liste des plantes invasives de Côte d'Ivoire établies par le Professeur Aké-Assi à partir des observations personnelles lors des missions de terrain. Il a également été consulté des bases de données internationales en ligne telles que:

- la Base de données mondiale des espèces invasives (www.issg.org/database/welcome),
- le recueil d'espèces invasives de CABI www.cabi.org/isc/,
- le GRIIS (Global Register of Introduced and Invasive Species) (<http://www.griis.org>),
- l'initiative GloNAF (Global Naturalized Alien Flora) (<https://glonaf.org>),
- le Global Biodiversity information Facility (<https://www.gbif.org>)
- et la liste des plantes invasives de l'Afrique de l'ouest (<http://issg.org/pdf/publications/GISP/Resourses/wAfrica-EN.pdf>).

2.3 ANALYSE DE DONNÉES

Pour chaque espèce identifiée, le type biologique, la forme de vie et la répartition phytogéographique ont été déterminés. Les ouvrages botaniques [36], [37], [38] ont servi de référence. Ensuite, la richesse floristique du milieu a été évaluée à partir de la base de données floristiques contenant les données taxonomiques (famille, genre, espèce et nom de l'auteur). Pour les espèces identifiées, les traits biologiques retenus sont les hémicryptophytes (H), les chaméphytes (Ch), les géophytes (G), les épiphytes (Ep), et les phanérophytes (Ph). En fonction de la hauteur de ces axes aériens, les phanérophytes sont subdivisées en mégaphanérophytes (MP: arbres de plus de 30 m de haut), mésophanérophytes (Mp: arbres de 8 à 30 m de haut), microphanérophytes (mp: arbustes de 2 à 8 m de haut) et nanophanérophytes (np: arbrisseaux moins de 2 m de haut). La forme de vie indique si l'espèce inventoriée est une herbe, une liane ou une espèce arborescente (arbrisseaux, arbustes ou arbres). Suivant la répartition phytogéographique, l'on distingue les espèces forestières qui se rencontrent naturellement dans la région phytogéographique guinéo-congolaise (GC), les espèces savanicoles dans la région phytogéographique soudano-zambézienne (SZ), les espèces de transition forêt-savane qu'on rencontre à la fois dans ces deux régions phytogéographiques (GC-SZ), et les espèces introduites (I). La détermination des espèces dites à statut particulier a consisté à déterminer les espèces endémiques et espèces rares et/ou menacées de disparition de la flore ivoirienne selon [37], [38] et [39].

Les espèces invasives identifiées ont ensuite été classifiées selon la méthode de [40]. Ces auteurs ont défini trois catégories de plantes invasives: Les invasives avérées (IA) sont des plantes non indigènes, ayant, dans leur territoire d'introduction, un caractère envahissant avéré et ayant un impact négatif sur la biodiversité et/ou sur la santé humaine et/ou sur les activités économiques; les invasives potentielles (IP) sont des espèces non indigènes, présentant actuellement une tendance au développement d'un caractère envahissant à l'intérieur de communautés naturelles ou semi-naturelles et dont la dynamique à l'intérieur du territoire considéré et/ou dans des régions limitrophes ou climatiquement proches, est telle qu'il existe un risque de les voir devenir à plus ou moins long terme des invasives avérées; les plantes à surveiller (AS) sont des espèces non indigènes ne présentant actuellement pas (ou plus) de caractère envahissant avéré mais dont la possibilité de développer un caractère envahissant n'est pas totalement écartée, compte tenu notamment du caractère envahissant de ces plantes dans d'autres régions du monde.

Les données provenant des 92 relevés de végétation ont enfin été enregistrées sous la forme d'une matrice contenant en ligne les espèces, en colonne les relevés et aux intersections les coefficients d'abondance dominance. Cette matrice de données a été utilisée pour des analyses de détermination des groupements végétaux à partir de la classification des relevés (CHA) en utilisant la méthode Ward les distances Euclidiennes [41]. Le logiciel R a été utilisé à cet effet. La méthode IndVal de [42] a permis de déterminer les espèces caractéristiques de chaque groupement végétal. La valeur indicatrice (IV) de toutes les espèces a été calculée avec le logiciel IndVal.2.0 [43]. Les espèces caractéristiques ou espèces ayant les plus grands scores pour chaque groupe de végétation ont été utilisées pour caractériser ces groupements végétaux.

3 RÉSULTATS

Les zones rudérales du parc national d'Azagny sont riches de 150 espèces végétales réparties en 124 genres et 54 familles (Annexe 1). La famille la plus diversifiée est celle des Fabaceae avec 22 espèces, soit un taux de 15 % (fig. 2.). Elle est suivie des Euphorbiaceae (14 espèces, soit 9 %), des Apocynaceae (9 espèces, soit 6 %), des Moraceae, des Rubiaceae, des Poaceae, des Sterculiaceae (avec 8 espèces chacune, soit 5 %). Les espèces recensées dans les zones rudérales du PNA appartiennent à 8 types biologiques. Les microphanérophytes sont dominants avec 56 espèces, soit 37,33 %, viennent ensuite les mésophanérophites (20 %), les nanophanérophites (17,33 %). Quant aux Géophytes, ils sont représentés par 8 %, les Hémicryptophytes par 5,33 %. Les Chaméphytes renferment 7 espèces, soit 4,33 % et les Thérophytes représentés par 5 espèces, soit 3,33 % (fig. 3.). La flore des zones rudérale du PNA est constituée majoritairement d'espèces Guinéo-Congolaises avec 97 espèces, soit un taux de 64,66 %. Les espèces de transition ou de liaison Guinéo-Congolaises-Soudano-Zambéziennes (GC-SZ) suivent avec 34 espèces, soit un taux de 22,66 %. Les espèces introduites viennent ensuite avec 19 espèces, soit 12,66 % (fig. 4.). La flore rudérale du PNA est dominée par les arbustes avec 38 espèces soit 25,33 %, suivi des herbes avec 32 espèces, soit une proportion de 21,33 %, puis les arbres avec 31 espèces, soit 20,66 %. Les lianes et les arbrisseaux sont les moins représentés avec respectivement 25 espèces, soit une proportion de 16,33 % et 24 espèces, soit 16 % (fig. 5.).

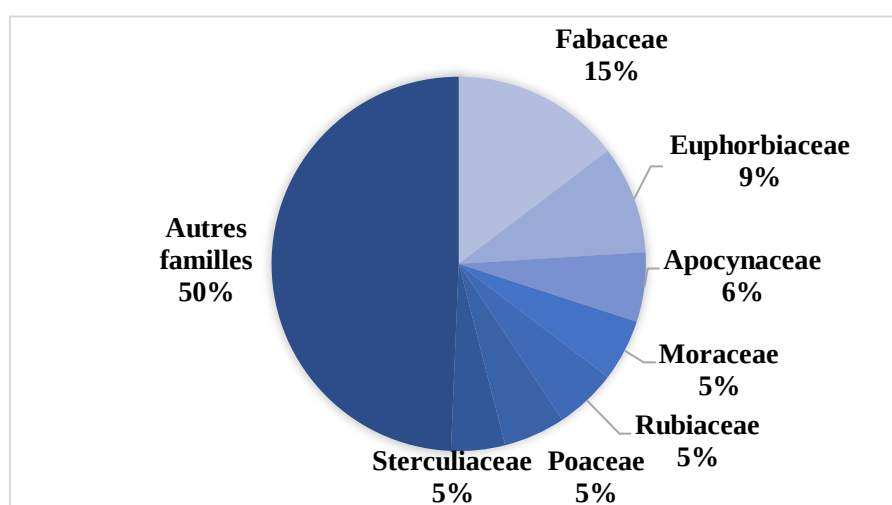


Fig. 2. Spectre des familles les plus représentatives des zones rudérales du parc national d'Azagny

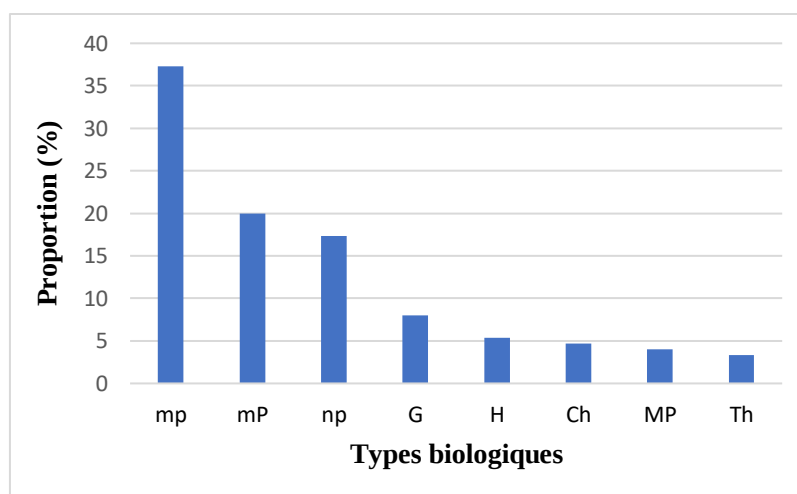


Fig. 3. Types biologiques de la flore des zones rudérales du parc national d'Azagny

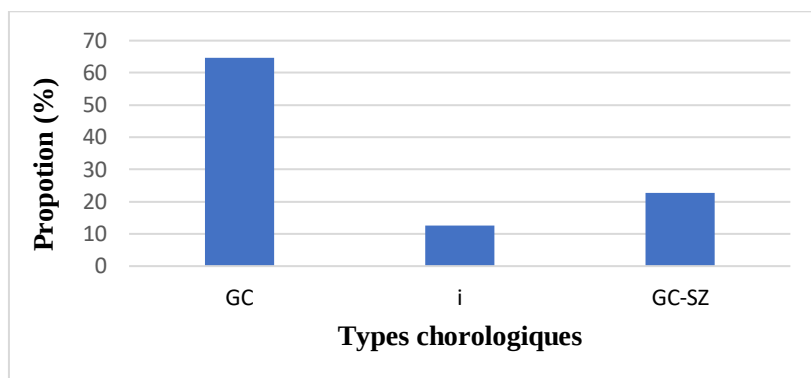


Fig. 4. Types phytogéographiques de la flore des zones rudérales du parc national d'Azagny

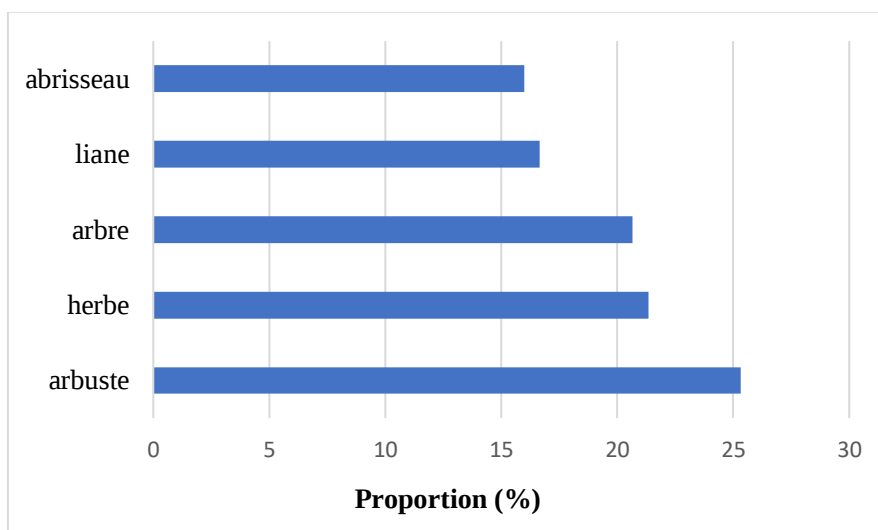


Fig. 5. Types morphologiques de la flore des zones rudérales du parc national d'Azagny

Dix-huit espèces à statut particulier ont été recensées, soit une proportion de 12% sur l'ensemble des espèces inventoriées (Annexe 2). Parmi ces espèces, quatorze sont endémiques au bloc forestier Ouest africain (GCW). Il s'agit entre autres de *Chassalia afzelii* (Hiern) K. Schum. (Rubiaceae), *Copaifera salikounda* Heckel (Fabaceae), *Trichilia ornithothesa* J. J. De Wilde (Meliaceae). Ensuite, deux des espèces sont endémiques au territoire ivoirien (GCI): *Albertisia cordifolia* (Mangenot & Miège) Froman (Menispermaceae) et *Leptoderris miegei* Aké Assi & Mangenot (Fabaceae). Trois espèces sont citées comme rares, devenues rares et en voie d'extinction de la flore ivoirienne: *Cola heterophylla* (P. Beauv.) Schott & Endl. (Sterculiaceae), *Cola millenii* K. Schum. (Sterculiaceae) et *Milicia regia* A. Chev. (Moraceae). Une espèce est présente sur la liste rouge de l'UICN comme espèce vulnérable (VU): *Copaifera salikounda* Heckel. (Fabaceae) (Annexe 2).

Quatoze plantes invasives ont été recensées dans les zones rudérales du PNA (Annexe 3) dont neuf espèces invasives avérées: *Chromolaena odorata* (L.) R. M. King & H. Rob. (Compositae), *Cecropia peltata* Linn (Urticaceae), *Croton hirtus* L'Hérit. (Euphorbiaceae), *Solanum rugosum* Dun (Solanaceae), *Solanum erianthum* D. Don (Solanaceae), *Mimosa invisa* (Fabaceae), *Euphorbia heterophylla* Linn. (Euphorbiaceae), *Lantana camara* Linn. (Verbenaceae), *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth (Fabaceae). Quatre plantes sont invasives potentielles: *Breynia disticha* J. R. & G. Forst (Phyllanthaceae), *Ageratum conyzoides* L. (Compositae), *Bambusa vulgaris* Schrad. ex J. C. Wendel. (Poaceae), *Calopogonium mucunoides* Desv. (Fabaceae). Une seule plante est à surveiller: *Porphyllum rudérale* (Jacq.) Cass. (Compositae) (Annexe 3).

La classification des relevés (CHA) a permis de dégager trois groupements végétaux (Figure 6): un groupement végétal avec invasion et deux groupements végétaux sans invasion. Le premier groupement végétal (GV1) est le groupement à *Chromolaena odorata* (IV= 57 %) et à *Alchornea cordifolia* (25%). Ce groupement correspond à une végétation rudérale sur sol riche en nutriments. C'est un groupement strictement héliophile caractérisé par *Chromolaena odorata* qui est une espèce invasive, et *Alchornea cordifolia* qui est une espèce indicatrice des milieux perturbés. Dans ce groupement, on y trouve de nombreuses espèces invasives comme *Cecropia peltata*, *Croton hirtus*, *Solanum rugosum*, *Mimosa invisa*, *Ageratum conyzoides*, *Lantana camara*, *Pueraria phaseoloides*, etc. Le deuxième

groupe végétal (GV2) est le groupe à *Eulisia indica* (42,11%) et à *Asystasia gangetica* (24,55%). Ce groupe correspond à une végétation rudérale des bordures de chemin et des pistes des milieux secs tassés. C'est une association de plantes herbacées annuelles et sciaphiles qui s'adaptent bien dans les milieux ouverts. Le troisième groupe végétal (GV3) est le groupe à *Trichilia monadelpha* (39,15%) et à *Tabernaemontana crassa* (22,14%). Ce groupe correspond à une végétation rudérale anthropogène. La majorité des plantes que l'on rencontre sont largement présentes dans les forêts claires, dans les clairières.

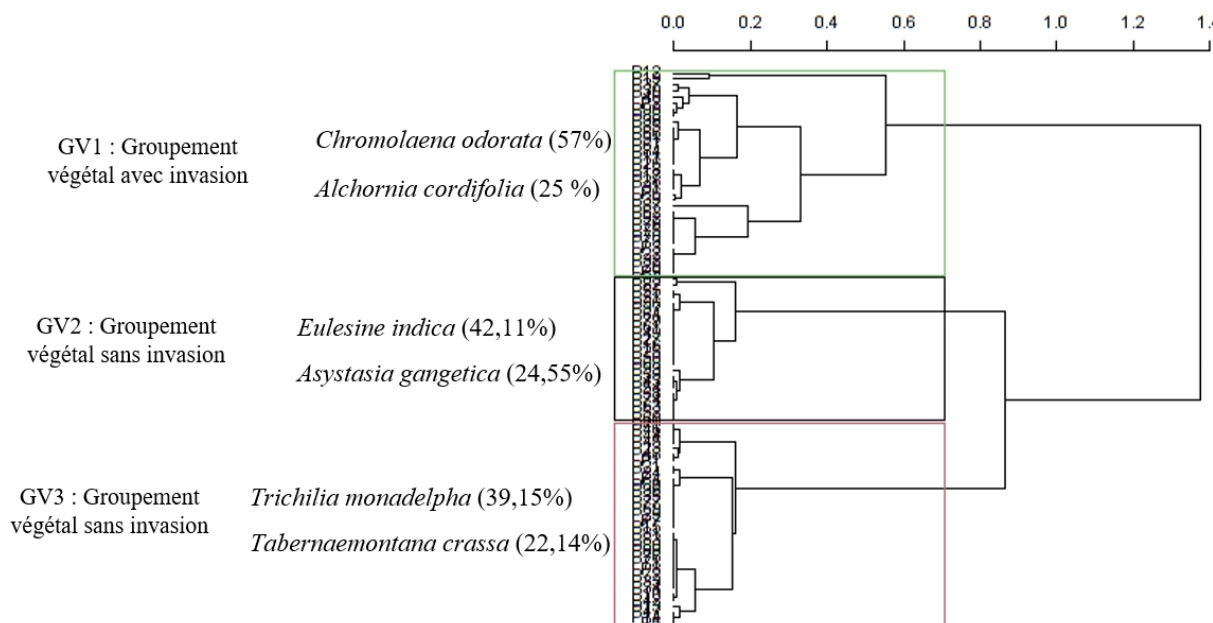


Fig. 6. Dendrogramme de la classification des relevés des zones rudérales du parc national d'Azagny

4 DISCUSSION

De nos jours, la protection de l'environnement est nécessaire pour toute société qui s'inscrit dans la vision du développement durable [44]. La connaissance de la diversité des espèces végétales s'avère importante pour élaborer des stratégies et mettre en œuvre des plans d'actions adéquats [45]. L'inventaire réalisé dans les zones rudérales du parc national d'Azagny a montré une richesse floristique certaine. Cette richesse floristique est toutefois inférieure à celle des zones rudérales du parc national du Banco où [5] et [46] ont recensé respectivement 302 espèces et 489 espèces. Cette différence pourrait être liée à la taille des zones rudérales. En effet, la superficie des zones rudérales du parc national d'Azagny est moins importante que celle échantillonnée par [5] et [46] dans le parc national du Banco. La dominance des familles de Fabaceae, de Euphorbiaceae de Malvaceae, de Rubiaceae, n'est pas spécifique aux zones rudérales du parc national d'Azagny. Elle a été déjà mise en évidence dans plusieurs travaux antérieurs des forêts tropicales [47], [48], [5]. Selon ces auteurs, la richesse de ces familles pourrait s'expliquer par leur présence dans les agrosystèmes à la périphérie des massifs forestiers. L'analyse des types biologiques révèle, d'une manière générale, une dominance des Phanérophytes au sens large. Cela serait dû selon [49] à la forte diversité d'espèces arborescentes souvent rapportée en forêts tropicales. De façon particulière, les microphanérophytes renferment de nombreuses espèces. Ce résultat est similaire à celui de [10] dans les zones rudérales du parc national du Banco. Les travaux de [50] et [51] ont aussi montré que les microphanérophytes sont abondants respectivement; dans les zones anthropisées des réserves forestières au centre du Bénin et, dans les zones périphériques des forêts sacrées de Guinée. L'analyse de types morphologiques a montré que les arbustes sont les plus nombreux. Cette dominance pourrait s'expliquer par le fait que ce site reste moins soumis à la dégradation forestière. En effet, moins un système tropical est influencé par l'homme, plus il permet l'installation d'une végétation arborescente. Ce résultat est contraire à celui de [10] qui, dans ses travaux dans les zones rudérales du parc national du Banco a signalé une prédominance des espèces herbacées. Les espèces à statut particulier sont généralement les plus sensibles aux perturbations liées à l'homme [10]. Cependant, l'on remarque un nombre non négligeable d'espèces à statut particulier (18 espèces). Leur forte présence pourrait être due au fait que le parc national d'Azagny est une aire de conservation de la biodiversité [52]. Ce résultat est similaire à celui de [46] et de [10].

Les plantes invasives recensées dans les zones rudérales du parc national d'Azagny sont semblables à celles rencontrées dans les zones rudérales du Parc National du Banco où la référence [10] a identifié un nombre plus grand (22 espèces). Le nombre inférieur de plantes invasives dans le PNA pourrait s'expliquer par le fait que ce site est moins soumis aux actions anthropiques par manque

d'habitation à proximité et à l'intérieur du parc. Ce même constat a été fait par [53], [5] et [46] qui ont démontré que les écosystèmes riverains aux habitations, soumis aux activités humaines renferment plus de zones rudérales qui demeurent des sites de prolifération des plantes invasives. Concernant les dix plantes invasives avérées, le statut de *Chromolaena odorata* a été confirmé par plusieurs auteurs. Cette espèce a été introduite volontairement en Côte d'Ivoire comme plante de couverture [54]. Elle produit un nombre important de graines fertiles, faciles à disperser et capables de coloniser rapidement les habitats ouverts ou de s'adapter à des paysages changeants [55]. Elle s'est dispersée dans le pays de manière naturelle par le vent et accidentellement par les machines ayant servi à la construction de nouvelles routes [55]. *Chromolaena odorata* est présent dans toutes les zones écologiques [31]. Son impact négatif sur les cultures a été démontré par plusieurs auteurs. La référence [56] à travers une étude sur la perception des populations des milieux agricoles sur *C. odorata*, a montré que cette espèce est la mauvaise herbe la plus citée par la majorité des villageois et qu'environ 60 à 70% lui confèrent un impact négatif sur les cultures, principalement à cause de son caractère envahissant. Également, [57] ont démontré que *C. odorata* a un potentiel de nuisibilité élevé dans les cultures de manioc dans la région de la Mé. Aussi, les travaux de [58] et [5] ont démontré que *C. odorata* réduit la richesse, l'abondance et la diversité des espèces natives dans les zones rudérales du Parc National du Banco. *Chromolaena odorata* n'est pas seulement invasive en Côte d'Ivoire, car selon [59] elle fait partie des 100 espèces exotiques envahissantes les plus répandues dans le monde et les plus problématiques. En effet, son statut d'invasivité a été démontré dans toute l'Afrique (Nigéria, Bénin, Ghana, Guinée, Togo, Libéria, Centrafrique, Cameroun, République Démocratique du Congo, en Afrique du Sud...) et aussi dans plusieurs autres pays du monde comme, le Cambodge, le Vietnam, l'Indochine, l'Australie [60], [61], [62], [63].

Quant aux autres plantes invasives avérées, des travaux ont montré que leurs impacts sur la biodiversité, l'économie et la santé sont non négligeables. Ainsi, *Lantana camara*, un arbuste introduit en Côte d'Ivoire comme plante ornementale, s'est échappé des cultures pour coloniser les milieux naturels [64]. Cette espèce invasive en plus de causer la disparition des espèces indigènes, modifie de façon négative la teneur en éléments nutritifs du sol [65], [66]. Elle a aussi un impact négatif sur la santé humaine. En effet, *Lantana camara* cause des piqûres et des blessures sur les hommes [64]. *Cecropia peltata* est un arbre introduit dans la région d'Aboisso qui a colonisé toute la zone forestière sud-est de la Côte d'Ivoire où elle forme des populations denses ou éparpillées. Elle s'implante dans les zones perturbées et concurrence les espèces pionnières comme *Musanga cecropioides* [67]. La recherche bibliographique a montré que l'introduction de *Solanum erianthum* et *Solanum rugosum* dans un milieu, cause la disparition de nombreuses espèces indigènes et constituent une véritable menace pour les écosystèmes [68], [69], [70]. Les travaux effectués sur *Mimosa invisa* montre qu'elle forme des fourrés impénétrables et agit sur la croissance des espèces indigènes [32]. *Euphorbia heterophylla* provoque la disparition d'espèces autochtones et affecte négativement la production des cultures agricoles [71]. La littérature a démontré en présence de *Hevea brasiliensis* une baisse des densités de la population des espèces indigènes [72]. Enfin, *Croton hirtus* induit des impacts négatifs sur la diversité des plantes indigènes [71].

Pour ce qui est des invasives potentielles, ces plantes pour le moment n'ont pas d'impacts avérés en Côte d'Ivoire, mais elles sont connues pour être des invasives avérées dans d'autres pays limitrophes ou ailleurs dans le monde, dans les milieux naturels ou fortement influencés par l'Homme. Par exemple, *Ageratum conyzoides* est une espèce invasive au Bénin. Cette espèce invasive perturbe fortement la composition et la structure des espèces dans les habitats envahis et colonise plus de 25% de la superficie totale des aires protégées [15]. *Calopogonium mucunoides*, une légumineuse introduite au Cameroun pour permettre l'augmentation de la biomasse herbacée des jachères, a colonisé rapidement toute l'espace, entraînant ainsi l'appauvrissement de la biodiversité floristique [73]. *Porophyllum rudérale*, la seule espèce ayant le statut de plante à surveiller est présente dans les agrosystèmes ouverts en Côte d'Ivoire depuis les années 2010-2011. Elle a une forte capacité de dispersion et ces capacités biologiques lui permettent de coloniser rapidement l'espace lorsqu'elle est introduite dans le milieu [33]. Ces espèces invasives potentielles et les plantes à surveiller doivent mériter plus d'attentions dans l'élaboration et la mise en œuvre de la stratégie de gestion de plantes invasives. Bien qu'ayant rencontré seulement ces plantes à la périphérie du PNA, leur présence pourrait justifier l'hypothèse d'invasion de ces espèces dans ce patrimoine forestier.

Dans cette étude, trois (03) groupements végétaux ont été décelés dont un groupement végétal avec invasion de *Chromolaena odorata*. [10] a déterminé plusieurs groupements végétaux avec invasion dans les zones rudérales du parc national du Banco à savoir le groupement à *Chromolaena odorata*, le groupement à *Alchornea cordifolia* et *Pueraria phaseoloides*, une espèce invasive et le groupement à *Synedrella nodiflora* et *Croton hirtus*, une autre espèce invasive. Cet état de fait peut-être justifié par le fait que le parc national d'Azagny est moins soumis aux actions anthropiques que le parc national du Banco. *Alchornea cordifolia* est une espèce pionnière des formations secondaires de la Côte-d'Ivoire qui affectionne les milieux rudéraux. [74] a démontré aussi que cette plante est une espèce indicatrice des milieux rudéraux. Le groupement à *Eulensia indica* et à *Asystasia gangetica* ont également été décrits par [10] dans la végétation des bordures des sentiers touristiques du parc national du Banco, sur sols tassés et asphyxiants. Celui à *Trichilia monadelpha* a également été rencontré par [10] au parc national du Banco.

5 CONCLUSION

Il ressort de cette étude que la flore des zones rudérales du Parc National d'Azagny est diversifiée tant au niveau des espèces que de la végétation. Trois groupements végétaux ont été décelés, dont un seul groupement végétal contenant des plantes invasives. Les zones

rudérales du parc abritent 15 espèces invasives, dont 10 invasives avérées, 04 invasives potentielles et une espèce à surveiller. Vu la présence de nombreuses plantes invasives à la lisière du parc, il est nécessaire de mettre en place une stratégie et un plan d'action de ces plantes invasives en vue d'éviter une éventuelle prolifération dans ce patrimoine forestier.

REMERCIEMENT

Nous remercions la Fondation Internationale pour la Science (IFS) pour le projet de recherche «Individual Grant Number J / 5728-1» et le prix Carolina Mac Gillavry attribués au Professeur TIÉBRÉ Marie-Solange Épouse RENSONNET et pour le projet IFS N° I1_D_6075-1 attribué au docteur GOULI Gnanazan Zinsi Roseline. Nos remerciements vont également à l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR) pour l'autorisation de conduite de cette étude au parc national d'Azagny.

REFERENCES

- [1] A-L. Maire, Y. Bourguignon, P. Martin, F. Mombrial, and P. Prunier, Formations rudérales annuelles et pluriannuelles, Genève, pp. 10, 2020.
- [2] R. Quentin Prunier, J. G. Cayuela, H. Moore, J. S. J. Clobert, A. Besnard, and L. Bernatchez, Approches démographiques et génétiques pour étudier la dispersion dans les populations d'animaux sauvages: une revue méthodologique, *Molecular ecology*, vol. 27 no 20, pp. 3976-4010, 2018.
- [3] E. Francius, Inventaire floristico-sociologique de la flore arvale et rudérale du Centre Inra Antilles Guyane, *Cahier des Techniques de l'INRA*, pp.15, 2019.
- [4] M-S. Tiébré, L. Saad, and G. Mahy, Landscape dynamics and habitat selection by alien invasive Fallopia (Polygonacea) in Belgium, *Biodiversity Conservation*, vol.17, no 10, pp. 2357- 2370, 2008.
- [5] S. E. V. Akaffou, O. Mévanly, Z. R. Gouli Gnanazan, and M-S. Tiébré, Dynamique de colonisation des zones rudérales d'un massif forestier urbain par les espèces végétales exotiques envahissantes: cas du Parc National du Banco (Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, vol.15, no. 24, pp. 240–267, 2019.
- [6] J. Tassin, K. Thompson, S. P. Carroll, and C. D. Thomas, Determining whether the impacts of introduced species are negative cannot be based solely on science: à response to Russell and Blackburn, *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 32, no. 4, pp.230-231, 2017.
- [7] H. Nassim, and Y. Chaima, Étude bibliographique des invasions biologiques en Algérie. Mémoire de Master, Université 8 mai 1945 Guelma, pp. 62, 2021.
- [8] H. S. Young, I. M. Parker, G. S. Gilbert, A. S. Guerra, and C. L. Nunn, Introduced species, disease ecology, and biodiversity– disease relationship, *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 32 pp. 41-54, 2017.
- [9] A. Akodéwou, Trajectoires paysagères et biodiversité: effets de l'anthropisation sur les plantes envahissantes à l'échelle de l'Aire Protégée Togodo et sa périphérie dans le sud-est du Togo. Montpellier, *AgroParisTech*. Thèse de doctorat, pp301, 2019.
- [10] S. E. V. Akaffou, Végétation rudérale du parc national du Banco: diversité floristique et évolution des espèces végétales exotiques envahissantes. Thèse de Doctorat de l'Université Félix Houphouët– Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, pp. 256, 2021.
- [11] J. Dandjlessan, B. E. Zossou., A. Djenontin, and A. Ahanchede, Facteurs de développement des plantes invasives dans les systèmes agricoles au Bénin et implications pour une gestion durable, *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, vol. 10, no.1 pp.55-59, 2022.
- [12] A. Reda, and F. Tewelde, Invasive Alien Plants Species Distribution and Abundance in Selective Districts of Tigray Regional State, Ethiopia, *Advances in Biological Research*, vol.12 no. 2, pp.64-84, 2018.
- [13] E. Manfrini, B. Leroy, C. Diagne, Y. Soubeyran, E. Sarat, and F. Courchamp, Les coûts économiques des invasions biologiques en France. Synthèse à l'intention des décideurs. Rapport, pp.32, 2021.
- [14] UICN/ PACO, Plantes invasives affectant les aires protégées de l'Afrique de l'Ouest: gestion pour la réduction des risqué pour la biodiversité. UICN/PACO: Ouagadougou, Burkina- Fasso, pp.52, 2013.
- [15] A.K.G. Djotan, A.K.N. Augustin, G.C.R. Gbaguidi, G.S. Akouehou, and J. Ganglo, Vulnérabilité des aires protégées du Bénin à l'invasion de *Ageratum conyzoides* L. (Asteraceae) en rapport avec les changements climatiques, *European Scientific Journal*, vol.14, pp.857-7881, 2018.
- [16] S.E.V. Akaffou. N.E.J. Abrou, and M.S. Tiébré, Current and future distribution of *Chromolaena odorata* (L.) R. M. King & H. Roxb (Compositae) and *Hopea odorata* Roxb (Dipterocarpaceae) in the Banco national park. *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences (IOSR-JPBS)*, vol.15, no.2, pp.06-14, 2020.
- [17] H.D.S. Konan, Evolution des types d'occupation du sol dans le parc national d'Azagny (sud de la Côte d'Ivoire) de 1985 à 2018. Mémoire de Master de Biodiversité et Gestion Durable des Ecosystèmes (Option Ecologie et Conservation Durable des Ecosystèmes), UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire, pp.49, 2017.

- [18] A.E.G. Adiko, S.D.K. Houphlet, S.F. Dogbo, B.T.A. Vroh, D. Kouamé, G. B. Zoro, A. Gnagbo, J-C.B. Koffi, and C-Y. Adou Yao, Variabilité des traits fonctionnels des espèces arborescentes dans la reconstitution de la végétation du Parc National d'Azagny (Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol.14, no.2, pp. 424-439, 2020.
- [19] J. M. Avenard, M. Eldin, G. Girad, J. Sircoulon, P. Touchebeuf, J-L. Guillaumet, E. Adjanohoum, and A. Perraud, Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Mémoire ORSTOM n°50, Paris France, pp.392, 1971.
- [20] M. Eldin, Le climat de la Côte d'Ivoire. In: Le milieu naturel de Côte d'Ivoire. Mémoires ORSTOM, 50, Paris (France), pp. 73-108, 1971.
- [21] A. Perraud, Les sols. In: Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Mémoire ORSTOM, Paris (France), pp. 157-263, 1971.
- [22] F. Lauginie, Conservation de la nature et aires protégées en Côte d'Ivoire, *NEI / Hachette et Afrique Nature*, Abidjan, pp.668, 2007.
- [23] E. Van Der Maarel, Transformation of cover-abundance value in Phytosociology and its effects on community similarity, *Vegetation*, vol. 39, no.2, pp.97-114, 1979.
- [24] W. D. Hawthorne, Ecological profiles of Ghanaian forest trees. Oxford forestry institute, Oxford (USA), pp.347, 1995.
- [25] J. P Lebrun, and A. L. Stork, Énumération des plantes à Fleurs d'Afrique Tropicale. Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève, Genève (Suisse). vol. 1 pp.249, vol. 2, pp. 257, vol. 3, pp.341 et vol. 4, pp.711, 1991-1997.
- [26] APG IV., An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*, vol.161, pp.1-20, 2016.
- [27] H. De Foresta, Systèmes de culture adventices envahissantes et fertilité du milieu: le cas de *Chromolaena odorata*: InPichot J., Sibelet N., Lacoëville J.J. (eds) Fertilité du milieu et stratégies paysannes sous les tropiques humides. CIRAD, Ministère de la Coopération, Montpellier (FRA), Paris, pp. 236-244, 1995.
- [28] W.M. Egnankou, Les végétaux aquatiques envahissants observés en Côte d'Ivoire. Document de Synthèse CIAPOL, pp.10, 1995.
- [29] W.M. Egnankou, Flore et végétation des zones humides du sud-est de la Côte d'Ivoire: problèmes de pollution et méthodes de lutte contre les Végétaux Aquatiques Envahissants (VAE). Thèse de Doctorat unique en Botanique, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, pp.235, 2015.
- [30] L. Gautier, L. Aké Assi, C. Chatelain, and R. Spichiger, African Plants: Biodiversity Taxonomy and uses, chapter Ivoire: a geographic information system for biodiversity management in Ivory Coast. *Royal Botanic Garden*, pp.183-194, 1999.
- [31] D.F.R. Neuba, D.F. Malan, M. Koné, and Y.L. Kouadio, Inventaire préliminaire des plantes envahissantes de la Côte d'Ivoire, *Journal of Animal & Plant Sciences*, vol. 22, No.2, pp. 3439-3445, 2014.
- [32] K. Noba, C. Bassene, A. Ngom, M. Gueye, A.A. Camara, M. Kane, F. Ndoeye, B. Dieng, R. Rmballo., N. Ba, M.Y Bodian, S. Sane, D. Diop, M. Gueye, S. Konta, A. Kane, M.S. Mbaye, and A.T. Ba, Invasive Plants of West Africa: Concepts, Overviews and Sustainable Management, *Advances in Recycling & Waste Management*, vol.2, pp.121, 2017.
- [33] M. Dogba, D.F. Malan, D.F.R. Neuba, and A.S. Konan, Biologie et écologie de *Porophyllum ruderale* (Jacq.) Cass., une Compositae nouvellement apparue en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, vol.36, no.3, pp.5907-5918, 2018.
- [34] V. Van der Meersch., I.C. Zo-Bi, H.K.B. Amani, N.J. Kassi, A.E. N'Guessan, and B. Herault. Causes and consequences of *Cedrela odorata* invasion in West African semi-deciduous tropical forests, *Biological Invasions*, pp.1-22, 2020.
- [35] A.F. Kouassi, A.E. Aké-Assi., K. Yao and B. N'Goran, Liste de quelques espèces envahissantes de l'herbier du Centre National de Floristique (CNF) en Côte d'Ivoire. Version 1.2. INSTITUT BOTANIQUE AKE-ASSI D'ANDOKOI (IBAAN). Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/0aoqi5> accessed via GBIF.org on 2020-05-15 2018.
- [36] L. Aké-Assi, Flore de la Côte d'Ivoire 1, Catalogue systématique, biogéographie et écologie. Conservatoire et Jardin Botaniques, Genève (Suisse), *Boisseria* vol. 57, pp.396, 2001.
- [37] L. Aké-Assi, Flore de la Côte d'Ivoire 2, catalogue, systématique, biogéographie et écologie. Genève, Suisse: Conservatoire et Jardin Botanique de Genève, *Boisseria*, vol.58, pp. 441, 2002.
- [38] C. Raunkier, The life forms of plants and statistical plant of geography, Oxford Londres, Angleterre, pp.632, 1934.
- [39] IUCN, IUCN Red List of Threatened Species.<<http://www.iucnredlist.org/>>, 2022 (consulté le 09/08/2022).
- [40] F. Dortel, and J. Le Bail, Liste des plantes vasculaires invasives, potentiellement invasives et à surveiller en Pays de la Loire. Liste 2018. DREAL Pays de la Loire. Brest: Conservatoire botanique national de Brest, pp. 37, 2019.
- [41] B. McCune, J. B. Grace, and D. L.Urban, Analyse des communautés écologiques. *Open Journal of Forestry*, vol.2, no. 3, pp.83-90, 2002.
- [42] M. Dufrêne, and P. Legendre, Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecoogical Monographs*, vol.67, pp.345-366, 1997.
- [43] M. Dufrêne, The IndVal program version 2.0 <http://mrw.wallonie.be/dgrne/sibw/outils/home.html>. Consulté en Octobre 2022, 2004.
- [44] S. H. S Honvou, B. A. Aboh, C. Sewadé, O. Téka, B. C. Gandonou, M. Oumoro, and B. Sinsin, Diversité floristique, structure et distribution des groupements végétaux des parcours d'accueil des transhumants dans la Basse et Moyenne Vallée de l'Ouémé au Bénin *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol.15, no.1 pp.81-96, 2021.
- [45] C. Séwadé, Diversité, biomasse foliaire des ligneux fourragers et capacité de charge des terres de parcours des zones de transition Guinéo-Congolaise/Soudanienne du Bénin, Thèse de Doctorat. FSA/UAC), pp.207, 2017.

- [46] E. Gnahoré, M. Kone, Y. Soro, J. Yao, N'guessan, and A. Bakayoko, Effets de l'anthropisation sur la diversité floristique à la périphérie du Parc National du Banco, Abidjan, Côte d'Ivoire *Afrique SCIENCE*, vol.16, no.4, pp.167 – 180, 2020.
- [47] F. N. Tuo, K. J. Koffi., A. F. Kouassi, M. Koné, A. Bakayoko, and J. Bogaert, Étude de la diversité, de l'endémisme et de la distribution spatiale des Rubiaceae de Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological Chemical Sciences*, vol.11, no. 2, pp.77 -797, 2017.
- [48] S. P. L. Koné, K. Soro, D. E. A. Amon, and O. D. Dogbo, Etat de conservation de la phytodiversité dans les agrosystèmes à base de cultures pérennes a la périphérie du parc national de tai (Sud-Ouest de la Côte D'ivoire), *Agronomie Africaine*, vol.34, no.1, pp.33 – 44, 2022.
- [49] L. Blanc, O. Florès, J.F. Molino, S. Gourlet-Fleury, and D. Sabatier, Diversité spécifique et regroupement d'espèces arborescentes en forêt guyanaise. *Revue forestière française, AgroParisTech*, vol.55, pp.131-146, 2003.
- [50] T. B. Ahouandjinou, H. Yédomonhan, M. G. Tossou, A.C. Adomou, and A. Akoègninou, Diversité floristique et caractérisation structurale de la réserve forestière de Ouoghi en zone soudano-guinéenne (Centre Bénin), *European Scientific Journal*, vol.13, pp.400-423, 2017.
- [51] F. S. Soumah, «Les Forêts Sacrées De Guinée: Intégration De l'Écologie Pour La Conservation D'un Patrimoine National». Doctorat De L'université De Toulouse. ECOLAB - Laboratoire d'Ecologie Fonctionnelle Et Environnement, pp.218, 2018.
- [52] K. A. Kouakou, T. S. S. Barima, A. T. M. Kouakou, Y. C. Sangne, I. Bamba, and N. F. Kouamé, Diversité végétale post-conflits armés de la Forêt Classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire), *Journal of Animal & Plant Sciences*, vol.26, No.2, pp.4058-4071, 2015.
- [53] B. Z. B. Goné, D. Kouamé., I. Koné, and C. Y. Adou Yao, Diversité végétale et valeur de conservation pour la biodiversité du Parc National du Mont Péko, une aire protégée, menacée de disparition en Côte d'Ivoire, *Journal of Applied Biosciences*, vol.71, pp.5753 -5762, 2013.
- [54] L. Gautier, Taxonomy and distribution of a tropical weed: *Chromolaena odorata* (L.) R. King and Robinson, *Candollea*, vol.47, pp.645-662, 1992.
- [55] W. M. Lonsdale, Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility. *ecology*, vol.80, no.5, pp.1522-1536, 1999.
- [56] L. Maroun, 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*. Master bioingénieur en gestion des forêts et des espaces naturelle, pp.58, 2017.
- [57] F. A. Yapi, O. F. Tialou, K. Kla, and N. T. M. Boraud, Adventices majeures des parcelles industrielles de canne à sucre des unités agricoles intégrées en Côte d'Ivoire, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol.15, no.2, 594-608, 2021.
- [58] M-S. Tiébré, and Z. R. Gouli Gnanazan, Impact of *Chromolaena odorata* (L.) R.M. King & H. Rob. (Asteraceae) on the floristic composition and the physico-chemical properties of the soil of a coastal relict forest, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol.24 no. 2, pp.773-788, 2018.
- [59] S. Lowe, M. Browne, S. Boudjelas, and M. De Poorter, 100 Espèces Exotiques Envahissantes parmi les plus néfastes au monde une sélection de la global invasive species database. Première. Union Internationale pour la Conservation de la Nature (IUCN), Gland, Switzerland, pp.12, 2007.
- [60] J. Mouloungou, and J.C. Sigrist, *Chromolaena odorata*, rapport de stage, CNEARC, France, pp.30, 1993.
- [61] B. Waterhouse, Discovery of in Northern Queensland, Australia. *Chromolaena odorata*. Newsletter, vol.9, pp.1-12, 1994.
- [62] K. Usha, R. Prasad, P. Muniappan, J.P. Ferrar, Aeschliman, and H. De Foresta, Répartition, écologie et gestion de *Chromolaena odorata*. Comptes Rendus du Troisième Atelier International sur *Chromolaena odorata* Abidjan, Cote d'Ivoire, November 1993, 1996.
- [63] R. T. Shackleton, A. B. R. Witt, W. Nunda, and D. M. Richardson, *Chromolaena odorata* (Siam Weed) in Eastern Africa: Distribution and Socio-Ecological Impacts » *Biological Invasions*, pp.1-14, 2016.
- [64] M.S. Tiébré, F.P.J. Pagny, Y.J.C. Kouadio, and Z.R Gouli Gnanazan, Etude de la perception de *Lantana camara* L. (Verbenaceae), une espèce végétale exotique envahissante, par les populations riveraines des cocoteraies du sud-est de la Côte d'Ivoire, *REB-PASRES*, vol.3, no.3, pp.68-77, 2018.
- [65] P. Raizada, and A. Raghubanshi, Seed germination behaviour of *Lantana camara* in response to smoke, *Tropical Ecology*, vol.51, no.2, pp. 347-352, 2010.
- [66] F.P.J. Pagny, T.T. Lekadou, O. Mévanly, Z.R. Gouli Gnanazan, and M.S. Tiébré, Impact of an exotic plant species *Lantana camara* L. (verbenaceae) on floristic diversity and soil physicochemical properties of coconut groves of southeast Côte d'Ivoire, *REB-PASRES*, vol.5 no.2, pp.72-88, 2020.
- [67] L. Aké-Assi, *Cecropia peltata* Linné (Moracées): ses origines, introduction et expansion dans l'est de la Côte d'Ivoire, *Bulletin de l'IFAN*, vol.42, no.1, pp.23-32, 1980.
- [68] D.Y. Alexandre, La dispersion de *Solanum verbascifolium* en Côte d'Ivoire: rôle des céphalophes, *Terre et vie*, vol.36, no.2, pp. 293-295, 1982.
- [69] K.S.S. Nair, Pest outbreaks in tropical forest plantations: Is There a Greater for Exotic Tree Species ? Center for International Forestry Research, Jakarta (Indonesia), pp.82, 2001.

- [70] M.S. Tiébré, N.J. Kassi., Y.J.C. Kouadio, and K.E. N'Guessan, Etude de la biologie reproductive de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray (Asteraceae): Espèce non indigène invasive en Côte d'Ivoire», *Journal of Asian Scientific Research*, vol.2, no.4, pp.200-211, 2012.
- [71] A. Touré A. M.D.L. Adou, K.F. Kouamé, and I.J. Ipou, Dynamique d'infestation de la forêt classée de Sanaimbo par les adventices à partir des agro-écosystèmes environnants. *TROPICULTURA*, vol.34, no.4, pp.361-374, 2016.
- [72] K. P. Nair, Caoutchouc (*Hevea brasiliensis*). Dans *Tree Crops*, vol.11, no.19, pp.287-332, 2021.
- [73] J. Onana, A.Z.E. Mvondo, I. Sadou, A. Asongwed, F. Mainam, H. Guibery, J- P. Awono and F. T. Nchembi, Impact des légumineuses fourragères et/ou de couverture sur la biodiversité floristique au Nord-Cameroun, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, Vol.1, no. 2, pp. 165-175, 2007.
- [74] Z. R. Gouli Gnanazan, and M-S Tiébré, Identification of indicator plant species of the invade ecosystem: cas of *Chromolaena odorata* (L.) R.M. King & H. Rob. (Asteraceae) in the Banco National Park (Côte d'Ivoire), *Revue de l'Environnement et de la Biodiversité PARES*, vol. 3 no. 2, pp. 57-71, 2018.

ANNEXE 1 : LISTE GÉNÉRALE DES ESPÈCES VÉGÉTALES DES ZONES RUDÉRALES DU PARC NATIONAL D'AZAGNY

	Espèces	Familles	Types biologiques	Types phytogéographiques	Forme de vie	AA (1998)	UICN (2020)
1	<i>Acacia pentagona</i> (Schumachach. & Thonn.) Hook f.	Fabaceae	mP	GC	liane		
2	<i>Acroceras zizanioides</i> (Kunth) Dandy	Poaceae	Ch	GC-SZ	herbe		
3	<i>Aframomum daniellii</i> (Hook.f.) K. Schum	Zingiberaceae	np	GC	abrisseau		
4	<i>Aganope leucobotrya</i> (Dunn) Polhill	Fabaceae	mp	GC	arbuste		
5	<i>Agelaea pentagyna</i> (Lam.) Baill.	Connaraceae	mp	GCW	liane		
6	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Compositae	Th	GC-SZ	herbe		
7	<i>Albertisia cordifolia</i> (Mangenot & Miège) Forman	Mennispermaeae	np	GCi	liane		
8	<i>Albizia adianthifolia</i> (Schumach.) W.F. Wright	Fabaceae	mP	GC	arbre		
9	<i>Albizia zygia</i> (DC.) J.F. Macbr.	Fabaceae	mP	GC-SZ	arbre		
10	<i>Alchornea cordifolia</i> (Schum. & Thonn.) Müll.Arg.	Euphorbiaceae	mP	GC-SZ	liane		
11	<i>Alstonia boonei</i> De Wild.	Apocynaceae	MP	GC	arbre		
12	<i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze	Amaranthaceae	Ch	i	herbe		
13	<i>Anchomanes difformis</i> (Blume) Engl	Araceae	G	GC	herbe		
14	<i>Angylocalyx oligophyllus</i> (Bak.) Bak.	Fabaceae	np	GC	abrisseau		
15	<i>Anthocleista djalensis</i> A. Chev.	Gentianaceae	mP	GC-SZ	arbre		
16	<i>Anthonotha crassifolia</i> (Baill.) J. Léonard	Fabaceae	mp	GC-SZ	arbuste		
17	<i>Anthonotha macrophylla</i> P. Beauv.	Fabaceae	mp	GC	arbuste		
18	<i>Antiaris toxicaria</i> var. <i>africana</i> (Engl.) C.C. Berg	Moraceae	mP	GC-SZ	arbre		
19	<i>Antiaris toxicaria</i> var. <i>welwitschii</i> (Engl.) Corner	Moraceae	mP	GC	arbre		
20	<i>Asystasia gangetica</i> (Linn.) T. Anders.	Acanthaceae	np	GC-SZ	abrisseau		
21	<i>Baissea multiflora</i> A. DC.	Apocynaceae	mP	GC-SZ	liane		
22	<i>Baissea zygodioides</i> (K. Schum.) Stapf	Apocynaceae	mp	GC	liane		
23	<i>Bambusa vulgaris</i> Schrad. ex J. C. Wendel.	Poaceae	H	i	herbe		
24	<i>Baphia capparidifolia</i> Bak.	Fabaceae	mp	GC	arbuste		
25	<i>Baphia nitida</i> Lodd.	Fabaceae	mp	GC	arbuste		
26	<i>Berlinia confusa</i> Hoyle	Fabaceae	mP	GC	arbre		
27	<i>Blighia sapida</i> K. D. Koenig	Sapindaceae	mP	GC-SZ	arbre		
28	<i>Blighia welwitschii</i> (Hiern) Radlk.	Sapindaceae	mP	GC	arbre		
29	<i>Breynia disticha</i> J. R. & G. Forst	Euphorbiaceae	np	i	abrisseau		
30	<i>Bridelia micrantha</i> (Hochst.) Baill.	Euphorbiaceae	mp	GC	arbuste		
31	<i>Caloncoba gilgiana</i> (Sprague) Gilg	Flacourtiaceae	mp	GC	arbuste		
32	<i>Calopogonium mucunoides</i> Desv.	Fabaceae	mp	i	liane		
33	<i>Campylospermum flavum</i> (Schumach. & Thonn. ex Stapf) Farron	Ochnaceae	np	GC	abrisseau		
34	<i>Campylospermum glaberrimum</i> (P.Beauv.) Farron	Ochnaceae	np	GC	abrisseau		
35	<i>Carica papaya</i> var. <i>papaya</i> Linn.	Caricaceae	mp	i	arbuste		
36	<i>Carpolobia lutea</i> G. Don	Polygalaceae	np	GC	abrisseau		
37	<i>Cassia occidentalis</i> Linn.	Fabaceae	np	GC-SZ	abrisseau		
38	<i>Cassia siamea</i> Lam.	Fabaceae	mp	i	arbuste		
39	<i>Cecropia peltata</i> Linn.	Moraceae	mp	i	arbuste		
40	<i>Ceiba pentandra</i> (Linn.) Gaerth.	Bombacaceae	MP	GC-SZ	arbre		
41	<i>Centrosema pubescens</i> Benth.	Fabaceae	Ch	GC	herbe		
42	<i>Cercestis afzelii</i> Schott	Araceae	mp	GC	liane		
43	<i>Chassalia afzelii</i> (Hiern) K. Schum.	Rubiaceae	mp	GCW	liane		
44	<i>Chassalia corallifera</i> (A. Chev. ex De Wild.) Hepper	Rubiaceae	np	GCW	abrisseau		
45	<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R. M. King & H. Rob.	Compositae	np	i	abrisseau		
46	<i>Chrysophyllum albidum</i> G. Don	Sapotaceae	mp	GC-SZ	arbuste		
47	<i>Clerodendrum capitatum</i> (Willd.) Schum. & Thonn. var. <i>capitalum</i>	Verbenaceae	np	GC-SZ	abrisseau		

48	<i>Coffea canephora</i> A. Froehner	Rubiaceae	mp	GC	arbuste	
49	<i>Cola caricaefolia</i> (G. Don) K. Schum.	Sterculiaceae	mp	GCW	arbuste	
50	<i>Cola cordifolia</i> (Cav.) R.Br.	Malvaceae	mP	GC-SZ	arbre	
51	<i>Cola heterophylla</i> (P. Beauv.) Schott & Endl.	Sterculiaceae	mp	GC	arbuste	PRDR/ VE
52	<i>Cola millenii</i> K. Schum.	Sterculiaceae	mp	GC	arbuste	PRDR/ VE
53	<i>Cola nitida</i> (Vent.) Schott & Endl.	Sterculiaceae	mP	GC	arbre	
54	<i>Combretum comosum</i> G. Don	Combretaceae	mp	GCW	liane	
55	<i>Copaifera salikounda</i> Heckel	Fabaceae	mP	GCW	arbre	VU
56	<i>Costus afer</i> Ker-Gawl.	Costaceae	G	GC	herbe	
57	<i>Croton hirtus</i> L'Hérit.	Euphorbiaceae	np	i	abrisseau	
58	<i>Croton lobatus</i> Linn.	Euphorbiaceae	Th	GC-SZ	herbe	
59	<i>Culcasia saxatilis</i> A. Chev.	Araceae	np	GC	abrisseau	
60	<i>Cyclosorus striatus</i> (Schum.) Ching	Thelypteridaceae	H	GC	herbe	
61	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae	G	GC-SZ	herbe	
62	<i>Cyrtococcum chaetophoron</i> (Roem. & Schult.) Dandy	Poaceae	H	GC .	herbe	
63	<i>Cyrtosperma senegalense</i> (Schott) Engl.	Araceae	Gr	GC	herbe	
64	<i>Dalbergia oblongifolia</i> G. Don	Fabaceae	mp	GCW	liane	
65	<i>Desmodium adscendens</i> (Sw.) DC. var. adscendens	Fabaceae	Ch	GC	herbe	
66	<i>Dioscorea burkilliana</i> Miège	Dioscoreaceae	G	GCW	herbe	
67	<i>Dioscorea minutiflora</i> Engl.	Dioscoreaceae	G	GC	herbe	
68	<i>Diospyros vignei</i> F. White	Ebenaceae	np	GCW	abrisseau	
69	<i>Discoglyprernna caloneura</i> (Pax) Prain	Euphorbiaceae	mP	GC	arbre	
70	<i>Dracaena surculosa</i> Lindl. var. <i>maculata</i> Hook.f.	Agavaceae	np	GC	abrisseau	
71	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	Arecaceae	mP	GC	arbre	
72	<i>Eleusine indica</i> (Linn.) Gaertn.	Poaceae	H	GC-SZ	herbe	
73	<i>Euphorbia heterophylla</i> Linn.	Euphorbiaceae	Th	i	herbe	
74	<i>Euphorbia hirta</i> Linn.	Euphorbiaceae	Ch	GC-SZ	herbe	
75	<i>Ficus exasperata</i> Vahl	Moraceae	mp	GC-SZ	arbuste	
76	<i>Funtumia africana</i> (Benth.) Stapf	Apocynaceae	mP	GC	arbre	
77	<i>Funtumia elastica</i> (P. Preuss) Stapf	Apocynaceae	mP	GC	arbre	
78	<i>Geophila obvallata</i> (Schumach.) F.Didr.	Rubiaceae	Ch	GC	herbe	
79	<i>Griffonia simplicifolia</i> (Vahl ex DC.) Baill .	Fabaceae	mp	GC	liane	
80	<i>Guarea leonensis</i> Hutch. & Dalz.	Meliaceae	mp	GCW	arbuste	
81	<i>Heterotis rotundifolia</i> (Sm.) Jac.-Fél.	Melastomataceae	Ch	GC	herbe	
82	<i>Hevea brasiliensis</i> (Kunth) Müll.Arg	Euphorbiaceae	mP	i	arbre	
83	<i>Hippocratea vignei</i> Hoyle	Hippocrateaceae	MP	GCW	liane	
84	<i>Ipomoea involucrata</i> P. Beauv.	Convolvulaceae	Th	GC-SZ	herbe	
85	<i>Justicia flava</i> (Forssk.) Vahl	Acanthaceae	np	GC	abrisseau	
86	<i>Kyllinga erecta</i> Schumach. var. <i>africana</i> (Kük) S. S. Hooper	Cyperaceae	G	GC-SZ	herbe	
87	<i>Lantana camara</i> Linn.	Verbenaceae	np	GC	abrisseau	
88	<i>Lepisanthes senegalensis</i> (Juss. ex Poir.) Leenh.	Sapindaceae	mp	GC	arbuste	
89	<i>Leptoderris miegei</i> Aké Assi & Mangelot	Fabaceae	mp	GCi	liane	
90	<i>Macaranga barteri</i> Müll. Arg.	Euphorbiaceae	mp	GC	arbuste	
91	<i>Maesopsis eminii</i> Engl.	Rhamnaceae	mP	GC	arbre	
92	<i>Mallotus oppositifolius</i> (Geisel.) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	mp	GC-SZ	arbuste	
93	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Euphorbiaceae	mp	i	arbuste	
94	<i>Mansonia altissima</i> (A. Chev.) A. Chev var. altissima	Sterculiaceae	mP	GC	arbre	
95	<i>Microdesmis keayana</i> J. Léonard	Pandaceae	mp	GC	arbuste	
96	<i>Milicia regia</i> A. Chev.	Moraceae	MP	GCW	arbre	PRDR/VE
97	<i>Mimosa invisa</i> Mart.	Fabaceae	np	i	liane	
98	<i>Morus mesozygia</i> Stapf ex A. Chev.	Moraceae	mp	GC	arbuste	
99	<i>Musa paradisiaca</i> Linn.	Musaceae	G	i	herbe	
100	<i>Musanga cecropioides</i> R. Br.	Urticaceae	mP	GC	arbre	
101	<i>Mussaenda linderi</i> Hutch. & Dalziel	Rubiaceae	mp	GCW	liane	
102	<i>Myrianthus arboreus</i> P. Beauv.	Moraceae	mp	GC	arbuste	

103	<i>Myrianthus libericus</i> Rendle	Moraceae	mp	GC	arbuste
104	<i>Nauclea latifolia</i> Sm.	Rubiaceae	mp	GC-SZ	liane
105	<i>Nephrolepis biserrata</i> (Sw.) Schott	Nephrolepidaceae	H	GC	herbe
106	<i>Neuropeltis acuminata</i> (P. Beauv.) Benth.	Convolvulaceae	MP	GC	liane
107	<i>Ochthocosmus africanus</i> Hook.f	Ixonanthaceae	mP	GC	arbre
108	<i>Palisota hirsuta</i> (Thunb.) Schum. ex Engl.	Commelinaceae	G	GC	herbe
109	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	Poaceae	H	GC	herbe
110	<i>Panicum repens</i> Linn	Poaceae	G	GC-SZ	herbe
111	<i>Parinari excelsa</i> Sabine	Chrysobalanaceae	MP	GC	arbre
112	<i>Passiflora edulis</i> Sims	Passifloraceae	mp	i	liane
113	<i>Paullinia pinnata</i> L.	Sapindaceae	mp	GC-SZ	liane
114	<i>Pentaclethra macrophylla</i> Benth.	Fabaceae	mP	GC	arbre
115	<i>Phaulopsis barberi</i> (T. Anders.) Lindau	Acanthaceae	np	GC-SZ	abrisseau
116	<i>Phyllanthus amarus</i> Schum. & Thonn.	Euphorbiaceae	np	GC	abrisseau
117	<i>Phyllanthus muellerianus</i> (O. Ktze.) Exell	Euphorbiaceae	mp	GC-SZ	liane
118	<i>Pleiocarpa mutica</i> Benth.	Apocynaceae	mp	GC	arbuste
119	<i>Porophyllum rudérale</i> (Jacq.) Cass.	Compositae	mp	GC	arbuste
120	<i>Psidium guajava</i> Linn.	Myrtaceae	mp	i	arbuste
121	<i>Psychotria micheliana</i> J. G. Adam	Rubiaceae	np	GC	abrisseau
122	<i>Psychotria peduncularis</i> (Salisb.) Steyerl.	Rubiaceae	np	GC	abrisseau
123	<i>Pueraria phaseoloides</i> (Roxb.) Benth.	Fabaceae	mp	i	liane
124	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb	Myristicaceae	mP	GC	arbre
125	<i>Rauvolfia vomitoria</i> Afzel.	Apocynaceae	mp	GC-SZ	arbuste
126	<i>Rhigiocarya racemifera</i> Miers	Menispermaceae	mp	GC	liane
127	<i>Scleria depressa</i> (C.B.Clarke) Nelmes	Cyperaceae	G	GC-SZ	herbe
128	<i>Setaria chevalieri</i> Stapf	Poaceae	H	GC	herbe
129	<i>Sida acuta</i> Burm.f.	Malvaceae	np	GC	abrisseau
130	<i>Sida corymbosa</i> R.E. Pries	Malvaceae	np	GC	abrisseau
131	<i>Smeathmannia pubescens</i> Soland ex R. Br.	Passifloraceae	mp	GC	arbuste
132	<i>Solanum erianthum</i> D. Don	Solanaceae	mp	i	arbuste
133	<i>Solanum rugosum</i> Dun.	Solanaceae	mp	GC	arbuste
134	<i>Sphenocentrum jollyanum</i> Pierre	Menispermaceae	np	GC	abrisseau
135	<i>Spondias mombin</i> Linn.	Anacardiaceae	mp	GC-SZ	arbuste
136	<i>Sporobolus pyramidalis</i> P. Beauv.	Poaceae	H	GC-SZ	herbe
137	<i>Sterculia tragacantha</i> Lindl.	Sterculiaceae	mP	GC-SZ	arbre
138	<i>Strombosia pustulata</i> Oliv. var. <i>lucida</i> (J. Léonard) Vill	Olcaceae	mP	GC	arbre
139	<i>Strophanthus barberi</i> Franch.	Apocynaceae	mp	GC	liane
140	<i>Synedrella nodiflora</i> (L.) Gaertn.	Compositae	Th	GC	herbe
141	<i>Tabernaemontana crassa</i> Benth.	Apocynaceae	mp	GC	arbuste
142	<i>Thaumatococcus daniellii</i> (Benn.) Benth.	Marantaceae	G	GC	herbe
143	<i>Theobroma cacao</i> Linn.	Sterculiaceae	mp	i	arbuste
144	<i>Trichilia monadelpha</i> (Thonn.) J.J. De Wilde	Meliaceae	mp	GC	arbuste
145	<i>Trichilia ornithocheila</i> J. J. De Wilde	Meliaceae	mp	GCW	arbuste
146	<i>Triclisia patens</i> Oliv.	Menispermaceae	mp	GCW	liane
147	<i>Xylopia aethiopica</i> (Dunal) A. Rich.	Annonaceae	mP	GC-SZ	arbre
148	<i>Xylopia quintasii</i> Engl. & Diels	Annonaceae	mP	GC	arbre
149	<i>Zanthoxylum gillettii</i> (De Wild.) P. G. Waterman	Rutaceae	mP	GC	arbre
150	<i>Zanthoxylum viride</i> (A. Chev.) P. G. Waterman	Rutaceae	mp	GCW	arbuste

Types biologiques : MP : mégaphanérophite ; mP : mésophanérophite ; mp : microphanérophite ; np : nanophanérophite ; Ch : chaméphyte ; H : hémicryptophyte ; Th : thérophyte ; G : géophyte. Types phytogéographiques : GC : Guinéo-congolaise ; GCW : Guinéo-congolaise endémique ouest-africaine ; GCi : Guinéo-congolaise endémique de Côte d'Ivoire ; GC-SZ : transition Guinéo congolaise et soudano-Zambézienne ; I : introduite. Liste rouge de l'UICN (2022) et d'Aké-Assi (1998) : VU : espèce vulnérable ; PRDR/VE = plantes rares, devenues rares et en voie d'extinction ou ne se rencontrant qu'exceptionnellement. La nomenclature des espèces suit la classification APG IV (2016)

ANNEXE2 : LISTE DES ESPÈCES À STATUT PARTICULIER DES ZONES RUDÉRALES DU PARC NATIONAL D'AZAGNY

Espèces	Famille	Endémiste	AA (1998)	UICN (2020)
<i>Albertisia cordifolia</i> (Mangenot & Miège) Forman	Mennispermaceae	GCI		
<i>Chassalia afzelii</i> (Hiern) K. Schum.	Rubiaceae	GCW		
<i>Chassalia corallifera</i> (A. Chev. ex De Wild.) Hepper	Rubiaceae	GCW		
<i>Cola heterophylla</i> (P. Beauv.) Schott & Endl.	Sterculiaceae	GC	PRDR/ VE	
<i>Cola millenii</i> K. Schum.	Sterculiaceae	GC	PRDR/ VE	
<i>Combretum comosum</i> G. Don	Combretaceae	GCW		
<i>Copaifera salikounda</i> Heckel	Fabaceae	GCW		VU
<i>Dalbergia oblongifolia</i> G. Don	Fabaceae	GCW		
<i>Dioscorea burkilliana</i> Miège	Dioscoreaceae	GCW		
<i>Diospyros vignei</i> F. White	Ebenaceae	GCW		
<i>Guarea leonensis</i> Hutch. & Dalz.	Meliaceae	GCW		
<i>Hippocratea vignei</i> Hoyle	Hippocrateaceae	GCW		
<i>Leptoderris miegei</i> Aké Assi & Mangenot	Fabaceae	GCI		
<i>Milicia regia</i> A. Chev.	Moraceae	GCW	PRDR/VE	
<i>Mussaenda linderi</i> Hutch. & Dalziel	Rubiaceae	GCW		
<i>Trichilia ornithothesa</i> J. J. De Wilde	Meliaceae	GCW		
<i>Triclisia patens</i> Oliv.	Mennispermaceae	GCW		
<i>Zanthoxylum viride</i> (A. Chev.) P. G. Waterman	Rutaceae	GCW		

Légende : VU/ vulnérable selon l'UICN (2020) ; PRDR/VE : plantes rares, devenues rares et en voie d'extinction selon Aké-Assi (1998) ; GCW : espèces endémiques au bloc forestier ouest africain ; GCI : espèces endémiques au territoire ivoirien

ANNEXE3 : LISTE DES PLANTES AVÉRÉES INVASIVES, DES PLANTES INVASIVES POTENTIELLES ET DES PLANTES À SURVEILLER DU PARC NATIONAL D'AZAGNY

Espèces	Familles	Statut
<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R. M. King & H. Rob.	Compositae	Avérée invasive
<i>Cecropia peltata</i> Linn.	Urticaceae	Avérée invasive
<i>Croton hirtus</i> L'Hérit.	Euphorbiaceae	Avérée invasive
<i>Euphorbia heterophylla</i> Linn.	Euphorbiaceae	Avérée invasive
<i>Lantana camara</i> Linn.	Verbenaceae	Avérée invasive
<i>Mimosa invisa</i> Mart.	Fabaceae	Avérée invasive
<i>Pueraria phaseoloides</i> (Roxb.) Benth.	Fabaceae	Avérée invasive
<i>Solanum rugosum</i> Dun.	Solanaceae	Avérée invasive
<i>Solanum erianthum</i> D. Don	Solanaceae	Avérée invasive
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Compositae	Invasive potentielle
<i>Breynia disticha</i> J. R. & G. Forst	Phyllanthaceae	Invasive potentielle
<i>Bambusa vulgaris</i> Schrad. ex J. C. Wendel.	Poaceae	Invasive potentielle
<i>Calopogonium mucunoides</i> Desv.	Fabaceae	Invasive potentielle
<i>Porophyllum ruderale</i> (Jacq.) Cass.	Compositae	Plante à surveiller

Proposition d'une ceinture verte le long du Lac-Kivu dans la ville de Goma: Une nouvelle stratégie d'anticipation au danger de la catastrophe d'origine tectonique au niveau du Lac-Kivu (RD Congo)

[Proposal for a green belt along Lake-Kivu in the city of Goma: A new anticipation strategy for the danger of the disaster of tectonic origin at the level of Lake-Kivu (DR Congo)]

Prosper BIZIMANA GAKURU¹, Jean-Ballon BIGOHE², and Willy N'SHOLE MAPUMA³

¹Chef de Travaux, Institut Supérieur d'Architecture et Urbanisme, (ISAU-Kinshasa), BP. 124 Kinshasa et Doctorant à l'Université Pédagogique Nationale, (UPN-Kinshasa), Faculté des Sciences, Département de Géographie- Sciences de l'Environnement, Orientation: Aménagement du Territoire, Ville de Kinshasa, RD Congo

²Chef de Travaux et Doctorant, Université de Kinshasa, Faculté des Sciences et Technologies, Mention Sciences et Gestion de l'Environnement, Ville de Kinshasa, RD Congo. BP: 190 Kinshasa XI, RD Congo

³Assistant 2, Institut Supérieur d'Architecture et Urbanisme, (ISAU-Kinshasa), BP. 124 Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2023 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: Goma is a millionaire city in eastern DRC facing natural and technological disasters. There is reason to say that its inhabitants live with fear in their stomachs despite their conservative spirit.

Yet a strategic city since its creation, located between the Nyiragongo volcano in the north and Lake Kivu in the south with real constraints to its growth, the city also knows an urban anarchy because the rules of the art would be violated by a certain category of city-dwellers in certain places, such as on the shore of Lake Kivu, which moreover constitutes a zone of servitude.

After confronting the reality on the ground with the regulations in terms of construction or town planning, it turned out that the urban habitat erected along the lake results from an urban anarchy legalized by the technical service in complicity with the other land actors on a high-risk area of tectonic origin capable of causing enormous damage such as the loss of human lives and material in the event of a tsunami.

In view of this situation, the green belt, that is to say, revegetation was chosen as a new strategy for anticipating the danger of natural disaster.

KEYWORDS: Green belt, Lake Kivu, strategies catastrophe, tectonics, urban anarchy, demolition, coastline.

RESUME: Goma est une ville millionnaire à l'Est de la RDC confrontée aux catastrophes naturelles et technologiques. Il y a lieu de dire que ses habitants vivent avec la peur au ventre malgré leur esprit conservateur.

Pourtant une ville stratégique depuis sa création, située entre le volcan Nyiragongo au Nord et le lac Kivu au sud avec des vraies contraintes à sa croissance, la ville connaît aussi une anarchie urbaine car les règles de l'art seraient violées par une certaine catégorie de citoyens à certains endroits comme sur le littoral du lac Kivu qui constitue d'ailleurs une zone de servitude.

Après avoir confronté la réalité du terrain à la réglementation en matière de construction ou d'urbanisme, il s'est avéré que l'habitat urbain érigé le long du lac résulte d'une anarchie urbaine légalisée par le service technique en complicité avec les autres acteurs fonciers sur un espace à haut risque d'origine tectonique capable de causer d'énormes dégâts comme la perte des vies humaines et matériels en de tsunami.

Au regard de cette situation, la ceinture verte, c'est-à-dire, la végétalisation a été choisi comme une nouvelle stratégie d'anticipation au danger de catastrophe naturel.

MOTS-CLEFS: Ceinture verte, Lac-Kivu, stratégies, catastrophe tectonique, anarchie urbaine, démolition, littoral.

1 INTRODUCTION

La plupart de villes coloniales africaines ont été érigé sur les côtes d'océans ou de lacs pour des raisons économiques afin de faciliter l'embarquement de produits africains (bois, minerais, produits agricoles) vers les continents dont les colonisateurs sont originaires. Les exemples sont légion en commençant par Logos, Abidjan, Libreville et la ville de Boma pour la RD Congo bien qu'elle n'a pas un essor comme les autres villes côtières qui, par ailleurs jouent la fonction des capitales de certains pays.

L'autre constat se fait visiblement observer à l'intérieur du continent Africain. Il s'agit des villes qui se développent autour des lacs et sur le littoral des fleuves et rivières. Pour le cas de notre étude, nous analysons la ville de Goma sur la rive du Lac-Kivu avec le port public de Goma qui joue le rôle de rupture de charge et où débarquent les passagers et biens en provenance de Bukavu.

A ce stade et dans le présent travail, nous sommes préoccupés par l'occupation du littoral du lac par les habitations en violation du règlement d'urbanisme mais aussi par le danger qui guette une bonne franche de la population gomatrakienne fixée sur le littoral du lac.

Au sujet de l'état de la question sur ce thème, Descy et al., (2012) déclarent qu'une trop grande concentration de gaz pourrait en effet provoquer une éruption catastrophique. Ils poursuivent en disant que « dans le lac-Kivu, la libération à la surface de l'entière du méthane et du CO₂ actuellement dissous dans ces eaux créerait un nuage de gaz s'élevant jusqu'à plus de 100 mètres au-dessus du niveau actuel du lac et ce nuage recouvrirait entièrement la région et donc entre autres les importantes villes congolaises de Goma et de Bukavu. Le nuage toucherait ainsi au minimum 2 millions de personnes qui décèderaient soit par l'éruption elle-même, soit à cause du nuage de gaz » [1]

Or, des hypothèses ont été formulées sur l'éventualité de 4 types d'explosion des gaz du lac-Kivu. Ces explosions sont susceptibles de provoquer une grande catastrophe en raison de l'emplacement des villes de Goma (RDC) et de Gisenyi (Rwanda) à l'extrémité Nord du lac, Bukavu (RDC) et Cyangugu (Rwanda) à l'extrémité sud et plusieurs villages sur ses bords. Plus de deux millions de personnes pourraient être affectées [2].

Notre recherche va donc interroger le droit d'urbanisme et de construction sur l'occupation du littoral du lac Kivu par l'habitat et proposer au cas échéant une rénovation urbaine qui débouchera sur la végétalisation de la bande côtière de plus au moins 300 m pour former une ceinture verte. Cette dernière pourra jouer une fonction écologique dans la ville de Goma et en même temps une interface entre le lac-Kivu et la zone agglomérée de la ville de Goma.

2 MILIEU D'ETUDE ET METHODES

2.1 MILIEU D'ETUDE

Cette étude est l'aménagement d'une partie de la ville de Goma, particulièrement dans sa partie Sud bordée par le lac Kivu. La ville de Goma est une agglomération urbaine située dans la partie orientale de la R.D.C. Elle est une entité administrative décentralisée dont les limites tirent leurs origines de « l'ordonnance- Loi n° 88- 031 de juillet 1988 qui avait divisé la région du Kivu en trois provinces autonomes test dans la mise en application de la décentralisation (Loi du 25 Février 1982) [3].

La Ville de Goma a une superficie de 66.324 Km² sa population est estimée à 1.041.135 habitants. Sa densité brute est de 14.527 habitants/km² [4].

La ville de Goma, ville volcanique, se délimite comme suit [5]:

- Au nord: la collectivité- chefferie de Bukumu,
- Au sud: le lac Kivu,
- A l'est: la République Rwandaise,
- A l'ouest: le territoire de Masisi

Cette ville volcanique est plus réputée par ces dernières éruptions volcaniques, respectivement de 2002 et de 2021. Administrativement, la ville est composée par deux communes: la commune de Goma et celle de Karisimbi. (Fig. 1)



Fig. 1. Carte administrative de la ville de Goma

Source: Adaptation du fond de la carte fournie par l'ISAU-SP/PDU

2.2 MÉTHODES

2.2.1 MATÉRIELS

Trois cartes nous ont servi soit pendant la phase de description du milieu d'étude, soit dans la présentation de la partie de la ville concernée par les opérations d'aménagement qui devront aboutir à une végétalisation de la zone de servitude de plus ou moins 300m à partir du littoral, soit pour la proposition de ceinture verte comme zone de certitude le long du lac Kivu.

Nous avons également utilisé une figure pour illustrer les différents niveaux d'eau du lac Kivu pendant trois périodes bien distinctes. Signalons que ces outils ont été obtenus à l'aide d'une cartographie assistée par l'ordinateur.

2.2.2 COLLECTE DES DONNÉES

La ville de Goma est composée par deux communes. Le site concerné par l'étude est la partie sud de la commune de Goma le long du lac Kivu. Or, cette partie sud est occupée par des habitations, pourtant elle devrait constituer une zone tampon ou une servitude vue le risque imminent d'origine tectonique.

Pour collecter les données utiles à cette étude, nous avons fait recours à quelques méthodes définies par [6], comme des voies ou chemin empreinte par le chercheur pour aboutir à une destination précise ou arriver aux résultats. Notons que deux méthodes nous ont permis de collecter les données nécessaires. Il s'agit de:

- La méthode d'observation de Beaujeu Garnier [7] bien défendu par [8], qui implique l'observation directe et vivante du chercheur sur le terrain [9]. Etant donné que nous sommes habitant de la ville, nous connaissons les problèmes d'urbanismes qui constituent des pathologies urbaines et côtoyons la zone régulièrement la zone littorale du lac- Kivu qui constitue notre site d'étude
- La méthode descriptive qui nous a permis de circonscrire la zone d'étude et les dangers qui guettent

Ces deux méthodes ont été appuyées par trois techniques dont l'observation, la cartographie et la documentation.

3 RESULTATS

A l'aide des procédés et méthodes choisis, nous allons confronter la réalité du terrain, c'est-à-dire, l'état des lieux de l'occupation de la zone côtière du lac-Kivu à la réglementation en matière de construction ou de l'urbanisme. A partir des risques naturels inhérents dans cette zone ciblée, quelques propositions stratégiques pourront être formulées pour le bien-être de la population riveraine.

3.1 ETAT DE LIEUX DE L'OCCUPATION DE LA ZONE CÔTIÈRE DU LAC-KIVU

A partir de la vue aérienne de tout passager animé par un esprit scientifique, nous observons un bon paysage urbain constitué par des jolies maisons à lucarne¹ et à toiture multiforme donnant l'impression d'une ville développée. Une fois au sol, au niveau des ports et le long du lac, le constat est le même. Les parcelles sont jusqu'à quelques centimètres au bord du lac par endroit. Nous remarquons aussi des constructions d'habitations et d'hôtels qui donnent au lac. Sur le même littoral; il y a lieu de localiser l'usine de captage d'eau et le gouvernorat de la province du Nord-Kivu.

Selon Kamabale Makutano S., cadre à la division provinciale de l'Urbanisme à Goma, avoir une parcelle sur la zone côtière du lac n'est pas donner à tout gomatracien car cette partie urbaine qui a une valeur vénale très élevée. Que ça soit dans le quartier Himbi, ou les volcans, il faut être un grand homme d'affaire ou une autorité au niveau provincial ou national pour accéder à cette zone; voilà pourquoi on y trouve des belles constructions. Il faut souligner qu'un bon nombre d'équipements hôteliers sont érigés au bord du lac, une position qui les confie en même temps une grande valeur et un grand renommé. C'est le cas de l'hôtel Serena.



Fig. 2. Illustration de l'habitation sur le littoral du lac Kivu

Source: ISAU- SP/PDU, 2021

¹ Lucarne : il s'agit d'une toiture à plus d'une pente, un modelé copié de pays Ouest Africains

3.2 QUE DIT LA LOI SUR LA CONSTRUCTION LE LONG D'UNE ÉTENDUE D'EAU (LE LAC) ?

Dans ce point, il est question d'interroger les textes légaux sur l'occupation ou la construction sur le littoral.

3.2.1 LA RÉGLEMENTATION

A ce sujet, en rapport avec les abords de plans d'eau; l'article L.145-5 du code d'urbanisme stipule que « les parties naturelles des rives des plans d'eau naturels ou artificiels d'une superficie inférieure à mille hectares soit sur une distance de 300 mètres à compter de la rive, y sont interdites toutes constructions, installations et routes nouvelles aussi que toutes extractions et tous affouillements. Cette disposition peut notamment permettre de protéger un corridor ou une bande tampon d'un réservoir de biodiversité. Cependant, si cette protection est automatique, les exceptions sont possibles notamment pour les équipements à vocation agricole et forestière; touristique ou scientifique [10]. Le même document prévoit aussi des coupures d'urbanisation sur le littoral ou des coupures vertes qui peuvent servir comme des coupures vertes.

En plus, l'article L.146-4 du code d'urbanisme stipule qu'en dehors des espaces urbanisés, les constructions ou installations sont interdites sur une bande littorale de cent mètres [10].

Faut-il encore ajouter l'art. 1 de l'arrêté interministériel n° 0021 du 29 octobre 1993 portant applications de réglementation sur les servitudes [11] qui nous pousse à considérer la zone littorale du lac-Kivu comme une zone non constructible.

3.2.2 L'ANARCHIE URBAINE

Selon nos investigations, tous les propriétaires détiennent des titres de propriété délivrés par le service attributaires comme le prouve Monsieur Kambale M. lors de notre entretien.

Les techniques de recherche exploitées nous ont permis de confirmer une réalité qui va dans le sens de violation de la réglementation de la zone aedificandi. L'observation fait état de grandes et belles constructions de grande valeur vénale. Le long du lac Kivu. Notons par ailleurs, qu'avec la rareté d'espace, grand est le risque de pratiquer la technique de polder en voulant gagner quelques mètres carrés sur le lac.

Au regard de ce qui précède, notre préoccupation sur l'anarchie urbaine ou légalité trouve sa réponse: il s'agit tout simplement d'une occupation anarchique légalisée qui s'observe d'ailleurs dans toutes les villes congolaises car tous les acteurs (population urbaine, chefs coutumiers, autorités et techniciens urbains) demeurent ignorants de la face B que nous réservent nos rivières, fleuves, lacs ou océans.

Il y a lieu de conclure, que la présence des habitations sur ce site considéré comme servitude témoigne qu'il y a eu flagrance et que l'autorité serait complice de cette situation par la livraison des autorisations de construction sans aucune anticipation préalable.

3.2.3 LES RISQUES NATURELS

La ville de Goma a été et demeure victime de risques naturels surtout l'éruption volcanique et le séisme. Par rapport à ces risques, [12] nous retrace l'historique d'un volcanisme à répétition, qui s'est suivi d'une série des tremblements de terre ou séismes avec de lourdes conséquences.

Mais, il n'y a pas que ça seulement comme danger qui guette la ville. Il faudra noter qu'au-delà de ces 2 risques cités ci haut, il y a une autre aussi meurtrier qui semble ignoré. Il s'agit du tsunami qui n'est que cette inondation des eaux lacustres sur la zone côtière du lac Kivu. Il serait causé par une éventuelle éruption volcanique sous-marine. Bien qu'il n'y ait pas d'études réalisées sur le relief sous-marin du lac Kivu, une éruption sous-marine n'est pas à écarter d'un rêve de la main car le lac est logé dans un rift valley oriental, une zone instable. Et si par hasard un volcanisme ou un plissement sous-marin se produit sous le lac, il y aura un déplacement d'une énorme quantité d'eau du lac vers la terre ferme située le long du lac qui pourra dépasser le niveau des eaux lorsque le lac connaît sa période de crue à cause des eaux de pluie. Il y a un grand risque d'un tsunami meurtrier (Fig.3).

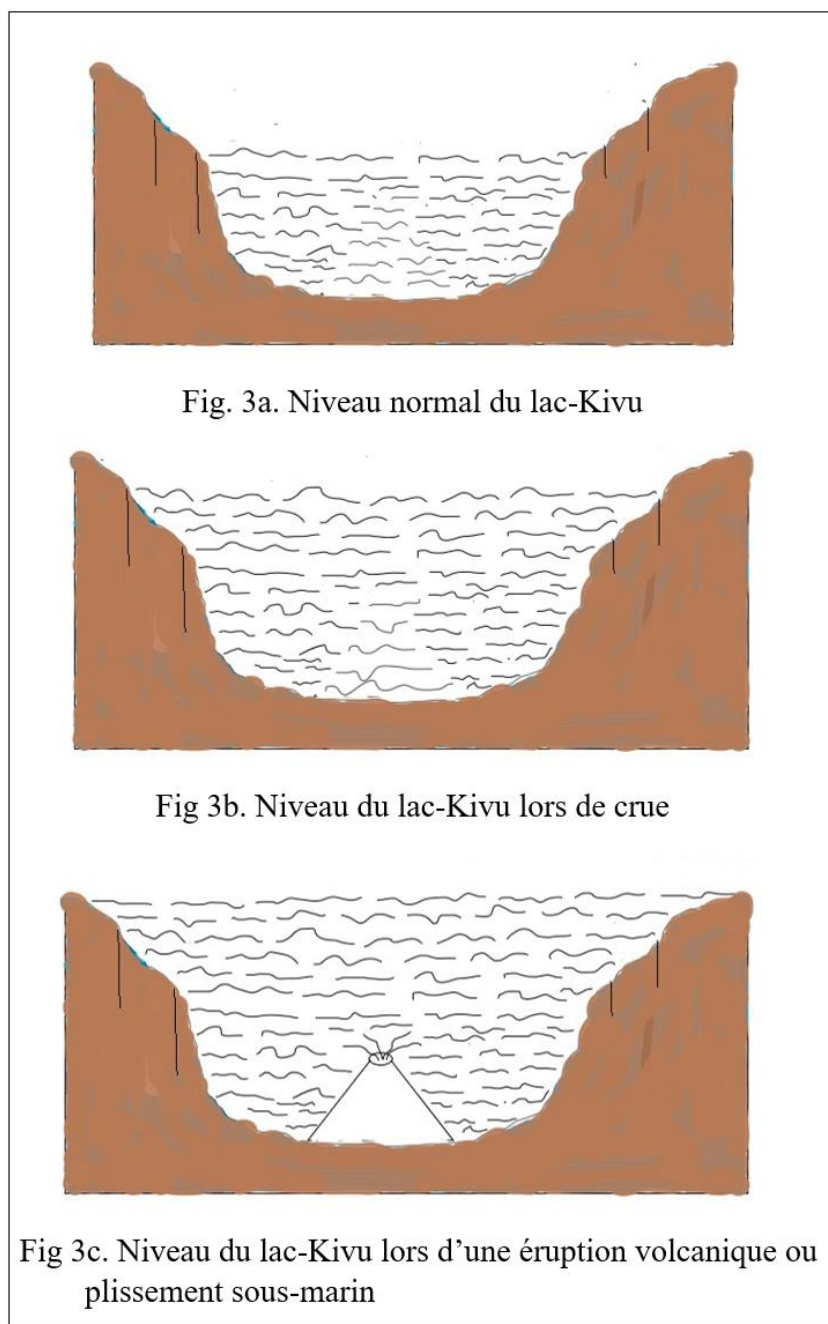


Fig. 3. Les niveaux d'eau du lac Kivu Source: Conception de P. Bizimana Gakuru

Dans le cas où la situation de la figure 3c surprend les habitants qui adorent la vue sur le lac, ceci constituera une catastrophe sans précédent comme dans les pays de l'Asie du Sud-Est. Il y aura perte en vies humaines. Cette perte ne sera pas seulement causée par le gaz naturel. Mais surtout à cause des noyades provoqué par l'inondation d'origine lacustre appelé tsunami provoqué par des mouvements internes tels que le plissement et le volcanisme sous- marin. C'est dans cette perspective que nous devrions réfléchir par une approche perspective pour stopper l'hémorragie qui pourrait conduire à un carnage si on n'y prend pas garde.

3.3 NOUVELLES STRATÉGIES POUR PRÉVENIR LE DANGER

Etant donné que le pouvoir n'a pas planifié l'occupation de la ville de Goma et que la population n'a pas tenu compte de risques qui pourront surgir dans l'avenir au niveau la zone littorale, quelques stratégies semblent nécessaires pour prévenir le mal de loin car dit-on: « vaut mieux prévenir que guérir ».

3.3.1 L'AMÉNAGEMENT DE LA ZONE LITTORALE

Nous avons choisi la rénovation urbaine comme l'opération majeure pour aménager cette zone. Elle est constituée par la démolition de maison selon les normes urbanistiques et la végétalisation.

3.3.1.1 LA DÉMOLITION DES MAISONS-EXPROPRIATION

Pendant que [12], suggère la construction parasismique, nous proposons une démolition de toutes les maisons ou constructions érigées dans la zone littorale. Cette opération vise une zone de plus ou moins 300 m à partir de la rive pour préserver les vies humaines en cas de catastrophe. En prélude de cette opération, le gouvernement provincial doit fortement sensibiliser la population cible sur l'intérêt de cette opération afin que la population se prépare. Toutefois, le gouvernement doit s'attendre à une résistance car la pullule n'est pas facile à avaler surtout que ce sont les hommes forts du régime qui occupent cette zone. Si le pouvoir se sent coupable ou complice de cette occupation anarchique, il pourra alors décider d'une éventuelle indemnisation.

Par ailleurs, il faut noter qu'en démolissant les maisons le long du lac Kivu, nous répondons au principe de prévention des risques naturels comme l'indique Eric Ciotti, (2020) cité par [13].

3.3.1.2 LA VÉGÉTALISATION

Nous proposons tout simplement que les constructions cèdent la place à la ceinture verte autrement dit, lorsque le pouvoir réussira à déguerpir la population et démolir les constructions, il faudra planter les arbres ou une forêt urbaine, ce qui constitue une « organisation consciente de l'espace » à la lumière de [14] cité par [15] Mambu (2019-2020).

Il est vrai que cette forêt urbaine constitue un espace d'une grande importance au regard du changement climatique observé ces dernières années dans la ville. Cette forêt va aussi jouer d'autres nombreux rôles sur la santé physique, qu'il s'agisse de services passifs (ex. la purification de l'air) ou des services actifs (lieu d'activité physique) sans compter les autres avantages sociaux, esthétiques et économiques au cœur des milieux de vie de la population (Levis et Lapierre, 2014) cité par [16] (Julie Edmon, 2017).



Fig. 4. Carte de proposition de la ceinture verte le long du lac-Kivu

4 LES RECOMMANDATIONS

Elles constituent une seconde stratégie non négligeable. Ici nous allons pointer le doigt à plusieurs acteurs dont:

- L'Observatoire Volcanologique de Goma: il devrait mener des recherches approfondies sur toute probable éruption volcanique dans le lac Kivu car ce dernier état situé au-dessus d'une chambre magmatique,
- Aux services étatiques (urbanisme et habitat, cadastre et affaire foncière) doivent revoir et stopper la délivrance de permis de construire le long du lac et dans toutes les zones jugées non aedificandi
- La population: elle doit s'abstenir d'acheter et de construire dans la zone de servitude le long du lac Kivu sous peine de perdre la vie un jour à cause du tsunami ou autre catastrophe d'origine tectonique
- Au gouvernement provincial et national: doivent veiller sur la stricte application des textes réglementaires en matière d'urbanisme et sensibiliser la population sur les risques de construire sur les rives, berges ou littoral des étendues d'eau

5 DISCUSSION

Le constat fait démontre que la zone littorale du lac-Kivu a été occupée d'une manière anarchique. L'entrevu et l'observation sont les deux procédés qu'ils ont permis réaliser ce constat, malgré la complicité de service de délivrance d'autorisation de construction. Cette zone ne serait pas occupée à cause de la nature du danger d'origine tectonique qui risque de rendre cette zone invivable à cause d'un éventuel tsunami ou l'envahissement de la zone côtière par les eaux du lac (voire figure n°3).

Au regard de cette problématique, qui rend cette zone vulnérable deux stratégies ont été arrêtées, il s'agit de la démolition-expropriation et végétalisation comme opérations d'aménagement de ce site.

6 CONCLUSION

Goma, ville et chef-lieu de la province du Nord Kivu a connu une croissance rapide qui a poussé la population, avec la complicité des services étatiques, à occuper anarchiquement les servitudes dont le littoral du lac-Kivu

Or, cette ville et sa population ont vécu des risques naturels n, entre autres l'éruption volcanique et séismes qui ont occasionné beaucoup de dégâts sur le plan matériel et humain. Nous venons de réfléchir sur un probable troisième risque encore imprévisible, cette fois d'origine lacustre. Il s'agit d'un tsunami qui risque d'endeuiller la ville de Goma dans l'avenir proche.

Aussi, notre contribution porte sur la rénovation urbaine constituée par la démolition-expropriation et la ceinture verte, c'est-à-dire la végétalisation de la zone démolie pour constituer une forêt urbaine de la littorale du lac-Kivu, qui par ailleurs, constitue une nécessité dans l'aménagement de la ville de Goma.

REFERENCES

- [1] ISAU-SP/PDU, Plan Urbain de Reference, Rapport Final d'Etudes, Vol.1, Kinshasa, Juillet 2021, 213p.
- [2] Pole Institute, Hydrocarbure dans le rift Albertine: Opportunités de développement ou risque d'instabilité ? Promouvoir la coopération et la stabilité régionale grâce aux ressources transfrontalières, Dossier, Nord-Kivu, RDC, 2014, 124p.
- [3] E. KYAMUSOKE BORAUZIMA, Problématique de la promiscuité de logement et son impact sur la population du quartier Mapendo dans la ville de Goma en RDC, UO, Goma, 2009, 58p.
- [4] Ville de Goma, Rapport de la Mairie, exercice 2020.
- [5] Ville de Goma, Plan de développement communal de Goma, 2012.
- [6] M.F. MUKENDJI MBANDANKULU, Initiation à la recherche scientifique, cours de 2^e graduat en urbanisme, ISAU-Kinshasa/Gombe, 2013, 80p.
- [7] C. Beaujeu Garnier, Intégration raisonnée des risques dans l'aménagement du territoire et d'urbanisme, DDE, 2010.
- [8] C.E. MABOLOKO NGULAMBANGU, (2012), Méthodes de recherche géographie, Séminaire de DEA, ECO-DOC, UPN, Kinshasa, 2012, 126p.
- [9] P. BIZIMANA GAKURU, Les marchés pirates le long de la route Goma-Sake dans la commune de Kasirimbi: risques et proposition de délocalisation, in CRIDUPN, 1 n°062b (2015), PUPN, Kinshasa, 2015, pp 75-81.
- [10] G. NDOMBA KATEKUTEKU, (2020 -2021), Conservation et valorisation des aires urbaines spoliées de Goma: cas du Mont Goma et lav vert, Mémoire, ISAU Gombe, 2020-2021, 96 p.
- [11] RDC, Arrêté interministériel n°0021 du 29 octobre 1993 portant application de réglementation sur les servitudes.
- [12] P. MUHINDO SIRIWAYO, Avant-projet d'un plan de prévention des risques volcaniques et optimisation de la résistance des contractions aux mouvements tectoniques: cas d'application dans la ville de Goma, Mémoire, ISAU-GOMBE, (2020-2021), 114p.
- [13] B. KALALA YOLOLA, Problématique de l'accessibilité dans la commune de Kintambo, « cas du quartier Nganda», TFC, ISAU-Gombe, 2020- 2022, 57p.
- [14] V. Horta, Les raisons d'une politique d'espaces verts, centre de recherche d'urbanisme, Ministère de la culture et de l'environnement, 1977, 432p.
- [15] R. Mambu Bilo, La problématique de l'habitat et son impact sur la morbidité. Cas du quartier Salongo dans la commune de Makala, Mémoire, ISAU Gombe, 2019-2020, 55p.
- [16] J. Emond, Les espaces verts urbains et leur contribution à l'amélioration de la qualité des résidents de la Petite-Patrie, Mémoire de Maitrise en géographie, Université du Québec à Montréal, Services des bibliothèques, Canada, 2017, 223p.

