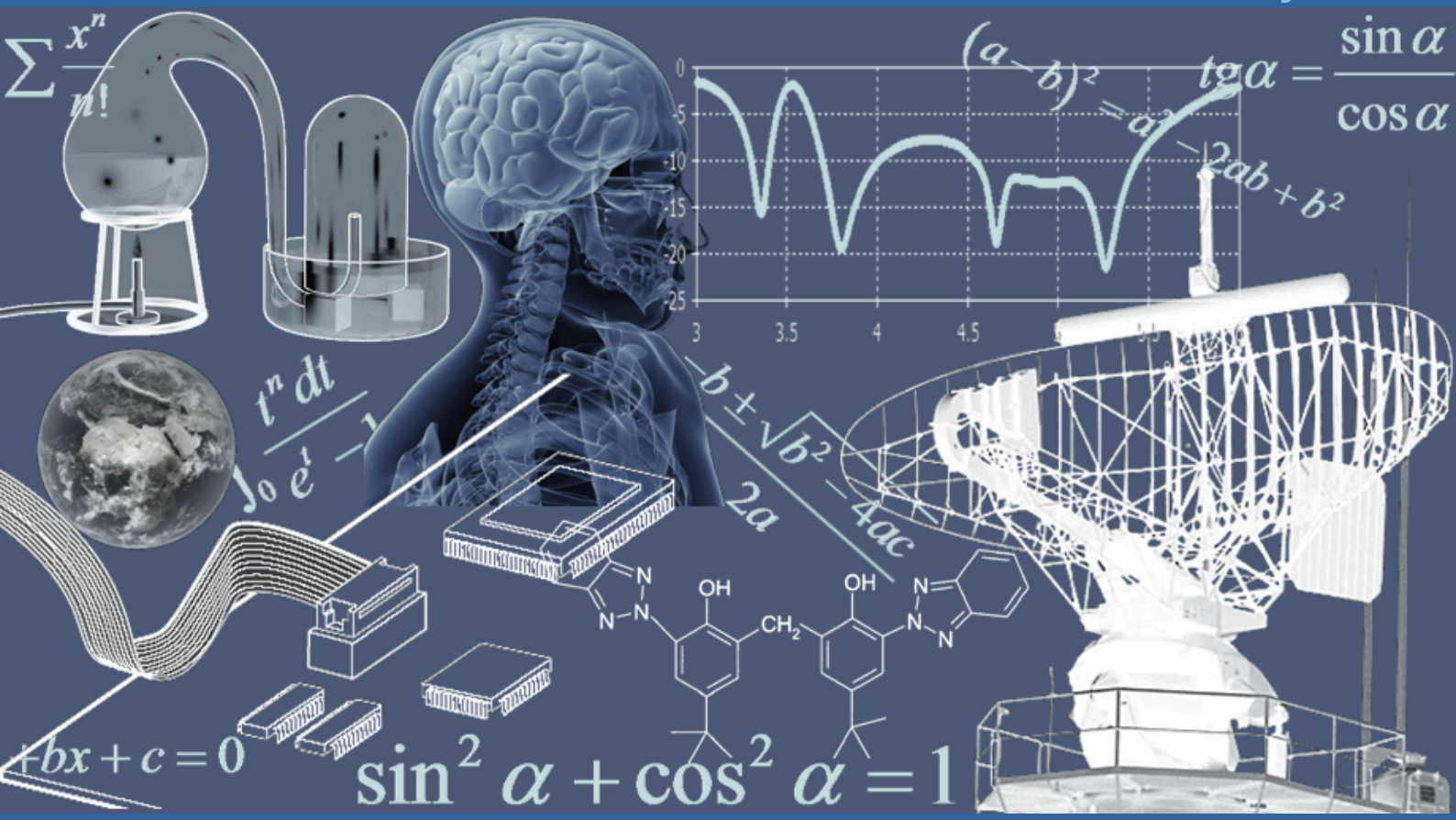
ISSN: 2028-9324
CODEN: IJIABO
Impact Factor: 7.985

INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 48 N. 3 May 2026



International Peer Reviewed Monthly Journal

Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.issr-journals.org/

International Journal of Innovation and Applied Studies

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

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

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

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

Editorial Advisory Board

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

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

Table of Contents

A Supportive Bra Based on Functional and Aesthetic Design Solutions for Breast Cancer Survivors 692-714

Randa Turki Alsaleemi and Nuha Awadh Aljuaid

Analyse des pratiques post-récoltes: Cas du stockage et de la conservation de la tomate (Solanum lycopersicum) et de l'oignon (Allium cepa L.), dans le département de Guinguinéo (Kaolack, Sénégal) 715-728

Ndeye Maguette Ndiaye, Awa Ba, and Gorgui Yerim Kane

Les conséquences de l'intelligence artificielle sur le marché de l'emploi dans les secteurs informatiques 729-733

Maloba Kibango Lizziane, Ngongo Mbwese Majoie, Mukole Ngoie Jean, Makobo Ilunga Joel, and Kande Lwaba Cedrick

Analyse des troubles d'intelligence chez les élèves des écoles secondaires de la sous-division de Kabongo 2 734-739

Ngongo Mbwesse Majoie, Mwamb Kasangij Remy, Makobo Ilunga Joel, and Kyomba Kiluya Francois

Impact de la surcharge du travail infirmier sur la qualité des soins: Cas de l'Hôpital Général de Référence de Malemba-Nkulu, d'avril 2024 à mars 2025 740-748

Kabongo Nshimba Napoléon, Ilunga Wa Nkulu Fulgence, Ilunga Wa Kadimwa Arsene, Ngongo Mbwese Majoie, Yumba Mafinge John, and Kaboba Ilunga Patrick

Modélisation du processus de conception et de production des didacticiels interactifs dans les dispositifs d'enseignement à distance et hybrides 749-755

Maloba Kibango Lizziane

Politiques publiques et opérations de déguerpissement dans la ville de Daloa (Centre-Ouest Ivoirien) 756-768

Kokou Gilles Mawéna Eklou and Emile-Aurelien Ahua

Thermo-Hydrodynamic Numerical Modeling of the Hêtin-Sota Artesian Geothermal Well (Benin) 769-782

Babilas HOUNTONDJI, Lambert K. Ayitchéhou, François de Paule CODO, and Martin P. Aina

Induction de cals des explants de trois provenances de Karité (Vitellaria paradoxa) au laboratoire d'Agro physio-génétique et de biotechnologies végétales de l'IPR/IFRA de Katibougou 783-793

Moussa Dramane Traoré, Moussa Abdoulaye, Aly Kansaye, and Moussa Karembé

Analyse du mouvement spatiotemporel à la lisière forêt-formation herbacée: Evolution et régénération naturelle de la forêt au paysage de Bombo Lumene (Kinshasa-RDC) 794-803

C.E. Makumbelo

Évaluation des effets du travail du sol et de l'association maïs-niébé sur l'humidité du sol et l'assimilation chlorophyllienne du maïs 804-813

RAMDE Guialidou, PALE Siébou, KOUMBEM Mahamoudou, HIEN Edmond, TRAORE Hamidou, PRASAD P.V. Vara, and MIDDENDORF B. Jan

Processus dynamique du paysage de Bombo Lumene: Tendance, évolution et régénération naturelle de la forêt (RD Congo) 814-824

C.E. Makumbelo

Les logiques d'implantation universitaire en Côte d'Ivoire 825-836

VOUNAH Gnahoré Jean and KOFFI Yéboué Stéphane Koissy

Dynamique de la forêt au paysage écologique du bassin du Congo : Cas de bombo lumene (Kinshasa, RD Congo) 837-844

C.E. Makumbelo

Valorisation des espèces végétales ligneuses et des perceptions du changement climatiques à Kirtachi, Niger 845-864

Idrissa Ali, Boubacar Moussa Mamoudou, Amadou Issoufou Abdourahimou, Biga Ibrahim, Barmo Soukaradji, Abdou Amani, and Moussa Allassane Rabiou

Structure et diversité de la flore ligneuse dans la zone centrale de l'habitat de la girafe au Niger (Afrique de l'Ouest) 865-875

Roumanatou Maman Moutari Danjouma, Boubacar Moussa Mamoudou, Maman Laouli Adamou Ibrahim, Maman Maarouhi INOUSSA, Boubé Morou, and MAHAMANE Ali

Urbanisation et gestion des espaces agricoles périurbains d'Abidjan: Cas de Songon (Abidjan Ouest) 876-885

YEO Nalourou Philippe René and N'ZUE Kevin Fabrice

Evaluation de la gestion du paysage de l'Afrique centrale: Formation herbacée des environs de Kinshasa 886-898

C.E. Makumbelo

Impact des violences sexuelles et d'un cambriolage sur le système familial: Une analyse du traumatisme collectif 899-906

Katenda Kankokwe Cathy and Kawit Yav Lucide

Approche clinique de la souffrance psychologique: Le rôle des psychothérapies intégratives 907-913

Katenda Kankokwe Cathy, Kawit Yav Lucide, and Kasongo Maloba Tshikala Philippe

Impacts socio-politiques de la transhumance dans la région du Tchologo (Nord de la Côte d'Ivoire) 914-926

Grah Diéké Jean Barthélémy and Koffi Simplice Yao

Extraction et Caractérisation des Huiles dans les Muscles de Poissons Schilbe grenfelli Linné, 1758 (Siluriformes, Schilbeidae) Pêchés dans le Pool Malebo (Fleuve Congo), Kinshasa (RD Congo) 927-941

Willy Lusasi Swana, Juvénal Lupangu Munongo, Jean Lusasi, Jeancy Mvindu Kidimbu, Santos Kavumbu Mutanda, Jeff Nakweti Kukatula, Ready Konda Kumbuta, and Victor Pwema Kiamfu

Évaluation de la teneur en éléments traces métalliques (Hg, Cd et Pb) chez deux espèces de poissons fumés Protopterus dolloi Boulenger, 1900 (Protopteridae) et Chanallabes sp (Clariidae) vendus dans le marché Baramoto à Kinshasa (RD Congo) 942-951

Willy Lusasi Swana, Christelle KWELA KUTSATSA, Jeff Nakweti Kukatula, Jean Lusasi, Jeancy Mvindu Kidimbu, Enoch TCHOMBA ASSANI ONYA, Santos Kavumbu Mutanda, Ready Konda Kumbuta, and Victor Pwema Kiamfu

Compétition entre Prostephanus truncatus Horn, 1878 (Coleoptera, Bostrichidae) et Sitophilus zeamais Motschulsky, 1855 (Coleoptera, Curculionidae) sur une longue période de stockage de grains de maïs 952-961

Ali Oura, Yamkoulga Marcellin, Antoine Waongo, Fousséni Traore, Zakaria Ilboudo, and Antoine Sanon

Evolution of the ISO 15189 Standard: A Comparative Analysis of the 2012 and 2022 Versions and Their Implications for Medical Biology Laboratories 962-967

W. Zerroug, A. Morjan, N. Kamal, and M. Omari

Analysis of the technical, economic and environmental optimization of the implementation of a Mini Smart Grid for the electrification of the rural area of Koumnéré in Burkina Faso 968-980

Dioari Ulrich Combari, Arnaud Ouermi, Wend Yam Mickaïla Tertus Dermé, Mamoudou Saria, and Issa Zerbo

Durabilité économique des systèmes de production du mil et niébé de Karma dans un contexte de changement climatique 981-991

Razinatou Yacouba Ali and Soumana Boubacar

Pratique de la taille par étêtage chez le Soja dans les conditions agro-écologiques de la Station de Recherche de l'INERA Kiyaka, RD Congo 992-997

MILOLO MIMBU ALEL Paterne, MUZINGA KILUNDU Philippe, LUHANO Emery, KAZIAMA MBUTA Onésime, MAFUTA KATONA Christelle, KASITO MAMPASI Mapy, KABAY NZAMBA Rostand, LEBAY KIWANI, MUSITU MAYAKA Daniel, KAPINGA NKOY, and NKWEZIMA MASASI Faustin

Soil quality decline along a forest-savanna gradient drives vegetation cover dynamics in the Comoé National Park (Côte d'Ivoire) 998-1006

Konaté Alassane, Bongoua-Devisme Affi Jeanne, Dibi N'Da Hyppolite, and Akotto Odi Faustin

Évolutions hydro-pluviométriques et exposition des zones urbaines aux inondations dans le bassin versant du N'zo: Cas des villes de Man, Guiglo et Bangolo (Côte d'Ivoire) 1007-1019

Koffi Daniel Kouassi, Della André Alla, and Kouadio Christophe N'Da

Effet des attitudes des enseignants sur le rendement de leurs écoliers en mathématiques 1020-1028

BELA Legono, Kimbuani Mabella, Mukiekie Tshite, and Kamba Eyanganunga

Pratiques pédagogiques des enseignants de 6eme primaire de Bunia en mathématiques 1029-1040

BELA Legono, Mukiekie Tshite, Kimbuani Mabella, and Kamba Eyanganunga

Petrophysical Evaluation of Reservoir Quality from Well Logs of the Sokor-1 Formation, Termit Basin, Southeastern Niger 1041-1052

M.A.I. Ari, M.E. Nton, and M. Harouna

Impact des médias sur le développement du football féminin au Bénin 1053-1055

Bienvenue Taouema, David Coffi Akouete, Albert Meton, Immaculée Agbakou, and Frédéric Hounkponou

Conception d'un plan de cours pour l'enseignement de l'informatique et de la bureautique en BAC1 du système LMD 1056-1061

Bazin NSHIMBA ILUNGA, Mukaya Bafita Chapy, Mukole Ngoie Jean, and Shako Lobobo Pierre

Accounting for sahelian environmental conditions in operational reliability analysis: The case of diesel generator sets in Burkina Faso 1062-1074

Ilboudo Zoewendbem Alain and Bationo Frédéric

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 692-714
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

حمالة صدر داعمة قائمة على حلول تصميمية وظيفية وجمالية للناجيات من سرطان الثدي

[A Supportive Bra Based on Functional and Aesthetic Design Solutions for Breast Cancer Survivors]

رندا تركي السليمي[1] , نهى عوض الجعيد[2]

[1]قسم تصميم الأزياء، جامعة جدة، المملكة العربية السعودية

[2]أستاذ مساعد، جامعة جدة، المملكة العربية السعودية

Randa Turki Alsaleemi[1] and Nuha Awadh Aljuaid[2]

[1]Department of Fashion Design, University of Jeddah, Saudi Arabia

[2]Assistant Professor, Department of Fashion Design, University of Jeddah, Saudi Arabia

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

ABSTRACT: Mastectomy due to breast cancer leads to significant physical and psychological changes that affect women's comfort, body image, and quality of life. Postoperative challenges such as pain, limited shoulder mobility, lymphedema, skin sensitivity, and the use of breast prostheses create specific clothing needs that are not adequately addressed by most commercially available bras. This study aimed to develop and evaluate a supportive bra based on functional and aesthetic design solutions suitable for the post mastectomy stage. The research followed descriptive and experimental approaches. A survey was conducted to identify the functional and aesthetic needs of women after mastectomy. Based on the findings, a bra was designed and implemented using bamboo fabric due to its softness, breathability, antibacterial properties, and moisture absorption. The design incorporated a full cup with an internal prosthesis pocket, adjustable wide straps, a supportive underband, ventilation features, and carefully integrated aesthetic elements. The implemented design was evaluated by specialists and members of the target group. The results showed statistically significant improvement in functional and aesthetic performance, with high levels of acceptance. The study highlights the importance of integrating functional efficiency with aesthetic value in supportive garment design to enhance comfort, confidence, and overall quality of life for breast cancer survivors.

KEYWORDS: breast cancer, lingerie design, supportive bra, functional design, breast cancer survivors.

ملخص: يؤدي استئصال الثدي نتيجة الإصابة بسرطان الثدي إلى تغيرات جسدية ونفسية تؤثر في راحة المرأة وصورة جسدها وجودة حياتها. وتشمل التحديات بعد الجراحة الألم، ومحدودية حركة الكتف، والوذمة اللمفية، وحساسية الجلد، واستخدام الطرف الاصطناعي للثدي، مما يفرض احتياجات ملبسية خاصة لا تلبيها معظم حمالات الصدر المتوافرة في الأسواق. هدفت هذه الدراسة إلى تطوير وتقييم داعم صدر قائم على حلول تصميمية وظيفية وجمالية ملائمة لمرحلة ما بعد استئصال الثدي. واعتمد البحث على المنهجين الوصفي والتجريبي، حيث تم إجراء استبانة لتحديد الاحتياجات الوظيفية والجمالية للنساء بعد الاستئصال. وبناءً على النتائج، تم تصميم وتنفيذ داعم صدر باستخدام قماش الخيزران لما يتميز به من نعومة وقابلية للتهوية وخصائص مضادة للبكتيريا وقدرة على امتصاص الرطوبة. وتضمن التصميم كأسًا كاملًا مزودًا بجيب داخلي للطرف الاصطناعي، وحمالات كتف عريضة قابلة للضبط، وشريطًا داعمًا أسفل الصدر، وفتحات تهوية، مع توظيف عناصر جمالية مدروسة. أظهرت نتائج التقييم تحسنًا ذا دلالة إحصائية في الأداء الوظيفي والجمالي، مع ارتفاع مستوى القبول لدى الفئة المستهدفة. وتؤكد الدراسة أهمية الدمج بين الكفاءة الوظيفية والقيمة الجمالية في تصميم الملابس الداعمة بما يسهم في تعزيز الراحة والثقة بالنفس وتحسين جودة الحياة لدى الناجيات من سرطان الثدي.

كلمات دلالية: سرطان الثدي، تصميم الملابس الداخلية، حمالة صدر داعمة، تصميم وظيفي، الناجيات من سرطان الثدي.

المقدمة:

يُعد السرطان من أبرز التحديات الصحية في العصر الحالي، ويحتل سرطان الثدي المرتبة الأولى بين أنواع السرطانات التي تصيب النساء في كل من الدول المتقدمة والنامية (إسماعيل، 2023). ويتضمن العلاج الشامل لهذا النوع من السرطان عادة إجراء الجراحة كخطوة أساسية، تليها العلاجات الكيميائية والإشعاعية والبيولوجية، حسب نوع الورم

ومرحلته وحالة المريضة. وتعتبر الجراحة، سواء كانت استئصالًا جزئيًا أو كليًا للثدي، الخط الأول في العلاج، وغالبًا ما تترافق مع إزالة بعض الغدد اللمفاوية تحت الإبط، ما يترك آثارًا جسدية على المريضات، منها الألم العضلي، انخفاض قوة العضلات، خلل في التوازن، والوذمة اللمفية (Kim et al.,2019) بالإضافة إلى الآثار النفسية المصاحبة.

أما العلاج الإشعاعي، الذي يتلقاه نحو نصف مريضات سرطان الثدي بعد الجراحة، فيتسبب في آثار جانبية شائعة مثل التهاب الجلد، والذي قد يكون شديدًا، ويعد من أكثر الآثار شيوعًا للعلاج الإشعاعي (Ding et al.,2018). وبناءً على ذلك، تؤدي العلاجات المختلفة إلى تغييرات جسدية قد تكون مؤقتة أو دائمة، مسببة تشوش صورة الجسم لدى المريضة، وتدني تقدير الذات نتيجة الندوب، والحروق، وفقدان جزئي أو كلي للثدي، وفقدان الشعر الناتج عن العلاج الكيميائي، وكل هذه التأثيرات تهدد الصحة النفسية للمريضة (العتيبي، 2023).

خلال مرحلة التعافي، تعتمد المريضات على ارتداء حمالة الصدر، والتي تهدف إلى تغطية الشق الجراحي، ودعم المنطقة اللمفاوية في الإبطين، والحفاظ على منطقة الثدي، والوقاية من المضاعفات المحتملة (Raru, Farîmă, Irovan,2021; Sieradzki ,2020) ومع ذلك، تشير الدراسات إلى أن تصاميم حمالات الصدر الحالية غالبًا ما تسبب مشاكل في الراحة، خصوصًا عند ارتداء الطرف الاصطناعي للثدي، كما لا تتوافق مع التغيرات الجسدية بعد الجراحة، وتفتقر إلى الملاءمة الجمالية المطلوبة (Kim&Koo,2024). وأشارت دراسة أخرى إلى أن الحمالات المتاحة لا تلبي احتياجات وتفضيلات الناجيات من سرطان الثدي (Raru, Farîmă, Irovan,2021) (Liu et al.,2024). وبناءً على توصية دراسة (Kim et al.,2019)، ثمة حاجة لإجراء المزيد من الدراسات لتحسين ملاءمة حمالة الصدر، وشكلها، وتقييم أدائها.

ويعاني عدد كبير من الناجيات من سرطان الثدي من صعوبات متعددة بعد العمليات الجراحية والعلاج الإشعاعي، سواء كانت جسدية أو نفسية، مما ينعكس سلبًا على جودة حياتهن اليومية وتقدير الذات. ومن أبرز هذه الصعوبات عدم توفر ملابس داخلية – وتحديدًا حمالات صدر – تُراعي احتياجاتهن المتغيرة بعد العلاج، سواء من حيث الراحة، أو الوظيفة، أو الجماليات، أو التوافق مع الأطراف الاصطناعية والتقنيات العلاجية.

وبناءً على ما سبق، يهدف هذا البحث إلى تطوير داعم صدر قائم على حلول تصميمية وظيفية وجمالية ملائمة لمرحلة ما بعد استئصال الثدي، تلبي الاحتياجات النفسية والجسدية للناجيات، وتساعدهن على تخفيف الأعباء اليومية مثل حماية الشق الجراحي، ودعم الثدي، والحفاظ على توازن الجسم، واستعادة الهوية الأنثوية المفقودة، بما يتماشى مع رؤية المملكة العربية السعودية 2030 نحو تحسين الرعاية الصحية وجودة الحياة. ومن هنا يمكن صياغة مشكلة البحث في التساؤلات التالية:

1. ما إمكانية تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة قائمة على حلول تصميمية وظيفية وجمالية للناجيات من سرطان الثدي؟
2. ما فاعلية التصميم المقترح لحمالة الصدر من الجانبين الوظيفي والجمالي وفق تقييم المختصين؟
3. ما درجة تقبل الفئة المستهدفة لتصميم حمالة الصدر الداعمة لما بعد الجراحة بعد تنفيذها؟

أهداف البحث Objectives:

1. تحديد الاحتياجات الملبسية الوظيفية والجمالية للنساء بعد استئصال الثدي.
2. تطوير داعم صدر قائم على حلول تصميمية وظيفية وجمالية، ملائم لمرحلة ما بعد استئصال الثدي، لتلبية الاحتياجات الجسدية والنفسية للناجيات.
3. قياس اتجاه النساء بعد استئصال الثدي نحو التصميم المقترح ومدى تقبلهم له.

أهمية البحث Research Significance:

- الإسهام في تزويد المجتمع، وخاصة المختصين في تصميم الأزياء، بمعرفة علمية حول الاحتياجات الملبسية للنساء بعد استئصال الثدي بما يتلاءم مع ظروفهن الصحية والنفسية.
- سد الفجوة البحثية في مجال تصميم الملابس الداخلية للنساء بعد استئصال الثدي، مع التركيز على الجوانب الوظيفية والجمالية.
- تقديم حلول تصميمية مبتكرة تحسن الراحة والحماية والدعم النفسي والجسدي للنساء بعد الجراحة.
- تمكين النساء بعد استئصال الثدي من تقييم وتقبل التصميمات الملبسية، بما يعزز ثقتهن بأنفسهن واستقلاليتهن.
- توفير إطار عملي للمصممين والمختصين لتطوير منتجات ملائمة للاحتياجات الخاصة للفئة المستهدفة.
- تعزيز جودة الحياة اليومية للنساء بعد استئصال الثدي من خلال ملابس تجمع بين الوظيفة والجمال والراحة.

منهج البحث Methodology :

يتبع هذا البحث المنهج الوصفي، والمنهج التجريبي لقياس فعالية الحلول الملبسية في تلبية الاحتياجات الوظيفية لمريضات سرطان الثدي.

مصطلحات البحث Terminology:

- **محاربات سرطان الثدي (Breast Cancer Survivors):**

يُعرَّف مصطلح محاربات سرطان الثدي على أنهن الأفراد الذين تم تشخيص إصابتهم بسرطان الثدي ويواصلون حياتهم بعد التشخيص، سواء أثناء العلاج أو بعد انتهائه. تشمل تجربتهن جميع التأثيرات الصحية والنفسية والاجتماعية التي قد تستمر بعد العلاج، ويُنظر إليهن كفئة ذات احتياجات متعددة خاصة بالرعاية والدعم النفسي والاجتماعي (Mollica,McWhirter, Tonorezos, et al., 2024).

وتعريفها اجرائيا في سياق هذه الدراسة، يُقصد بمحاربات سرطان الثدي السيدات اللواتي خضعن لمراحل علاج مختلفة، مما انعكس عليهن جسديًا ونفسيًا واجتماعيًا، وهن الفئة المستهدفة بالتصميمات الملبسية المقترحة.

- **سرطان الثدي (Breast Cancer):**

هو النمو غير الطبيعي للخلايا الموجودة في أنسجة الثدي، حيث تنمو هذه الخلايا بصورة خارجة عن سيطرة الجسم، وقد تنتشر إلى مناطق وأعضاء أخرى من الجسم في حال عدم علاجها في الوقت المناسب (American Cancer Society, 2012).

- **الاحتياجات الملبسية (Clothing Needs):**

هي مجموعة المتطلبات الوظيفية والجمالية والنفسية التي ينبغي توافرها في الملبس، بحيث يتجاوز دوره كونه وسيلة للاحتشام أو الزينة أو الحماية، ليصبح وسيلة تعكس الصورة الذهنية التي يرغب الفرد في الظهور بها، وتسهم في تحقيق الراحة بأبعادها النفسية والحسية، وتعزز الثقة بالنفس وتعبر عن الشخصية (عبد السلام، 2018).

- **الحلول الذكية (Smart Solutions):**

هي حلول تصميمية تهدف إلى توفير الجهد والوقت وتحقيق الحماية والراحة للأفراد، من خلال توظيف التكنولوجيا والتقنيات الحديثة في التصميم، أو من خلال تصميمات مبتكرة تعتمد على حلول وظيفية ذكية دون استخدام التكنولوجيا، وذلك عبر إضافات تصميمية تحقق الحماية، والراحة، والرفاهية (إبراهيم & سحاحيري، 2021).

الخطوات الإجرائية للبحث Procedure:

أدوات البحث Tools:

- استمارة استطلاع رأي عن احتياجات محاربات سرطان الثدي لحمالة الصدر
- استبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المقترحة موجهة للمتخصصين في مجال الأزياء والنسيج.
- استبانة تقييم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة موجهة للمتخصصين في مجال الأزياء والنسيج ومجال الجراحة العامة.
- استبانة تقييم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة موجهة لعينة الدراسة.

حدود البحث Delimitations:

الحدود الموضوعية : يقتصر البحث على تطوير وتقييم داعم صدر قائم على حلول تصميمية وظيفية وجمالية موجه للنساء بعد استئصال الثدي.

الحدود البشرية : يقتصر البحث على عينة من النساء المصابات بسرطان الثدي أو الناجيات منه اللاتي شاركن في تطبيق أدوات الدراسة.

الحدود المكانية : طُبِّقت الدراسة على عينة من نساء منطقة مكة المكرمة المنضمات إلى مجموعة تدعى (دعم محاربات سرطان الثدي).

فروض البحث Hypothesis:

1. توجد فروق دالة احصائيا بين احتياجات محاربات سرطان الثدي لحمالة الصدر وفقا لآراء عينة الدراسة.
2. توجد فروق دالة احصائيا بين تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المقترحة وفقا لآراء السادة المتخصصين في مجال الأزياء والنسيج.
3. توجد فروق دالة احصائيا بين تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة (المنفذة) وفقا لآراء السادة المتخصصين في مجال الأزياء والنسيج.
4. توجد فروق دالة احصائيا بين تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة (المنفذة) وفقا لآراء السادة المتخصصين في مجال الجراحة العامة.
5. توجد فروق دالة احصائيا بين تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة وفقا لآراء عينة الدراسة.

عينة البحث Research Sample:

بلغ عدد المشاركات في تطبيق استبانة استطلاع الاحتياجات الملبسية في المرحلة الأولى من الدراسة (52) مشاركة. وفي المرحلة الثانية، الخاصة بتقييم التصميمات المقترحة بعد تنفيذها، بلغ عدد المشاركات (15) مشاركة من الفئة المستهدفة.

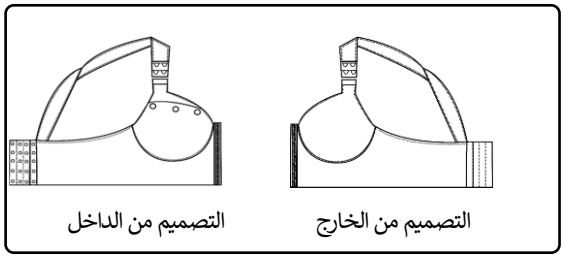
إجراءات الدراسة التطبيقية:

استنادًا إلى الدراسات السابقة والدراسة الاستطلاعية حول احتياجات الناجيات من سرطان الثدي المتعلقة بحمالات الصدر والمشكلات الملبسية التي يواجهنها، تم تطوير حمالة صدر داعمة قائمة على حلول تصميمية وظيفية وجمالية ملائمة لمرحلة ما بعد استئصال الثدي.

- **تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة:**

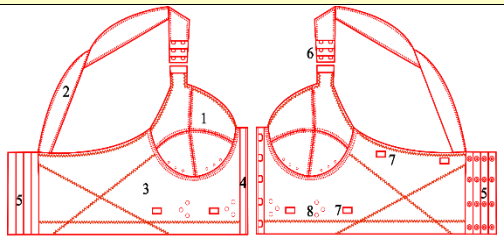
صُممت حمالة الصدر بطول يمتد إلى أسفل الصدر حتى منطقة الوسط، وبكأس كامل التغطية يحتوي على جيب داخلي بفتحة علوية مزود "بكبسون" بلاستيكي لتثبيت الطرف الاصطناعي بأمان. وتتضمن منطقة ما بين الكأسين حابكة منزلقة مخفية لتعزيز الملاءمة والثبات. أما الغلق الخلفي فجاء "بكباسين" مزودين بأربعة صفوف للتحكم في المقاس. ويبلغ عرض شريط الكتف 2.5 سم، وهو مزود "بشنكار" وصفّين من "العيون" لضبط الارتفاع وتوفير الدعم المناسب. كما أضيفت لمسات من الدانتيل لتحقيق جانب جمالي يعزز المظهر العام دون الإخلال بالوظيفة.

صورة (1): نموذج التصميم ثلاثي الأبعاد (3D) لحمالة الصدر الداعمة.

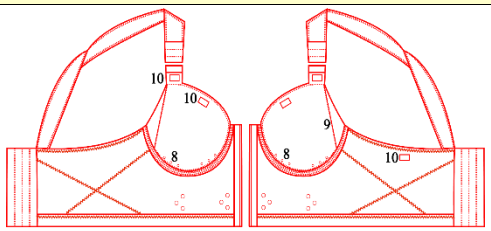


صورة (2): نموذج التصميم ثنائي الأبعاد (2D) لحمالة الصدر الداعمة.

نموذج مسطح لأجزاء حمالة الصدر من الامام والخلف



حمالة الصدر من الامام



حمالة الصدر من الداخل

1- الكأس.	2- حمالة الكتف.	3- الشريط أسفل الصدر.	4- مرد أمامي (شنكار وعين).	5- مرد خلفي (الكبسون).
6- مرد حمالة الكتف	7- منظمات للملحقات الخارجية.	8- فتحات تهوية دائرية.	9- جيب داخلي في الكأس.	10- منظمات لحمل الجهاز الذكي.

جدول (1) تعريف لأجزاء حمالة الصدر على النموذج المسطح من اعداد الباحثة

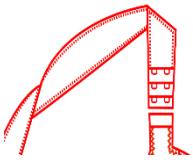
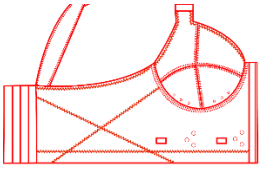
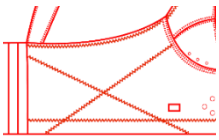
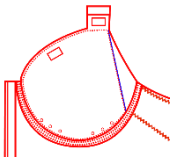
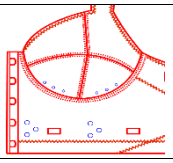
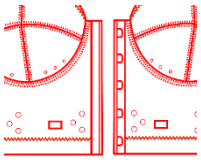
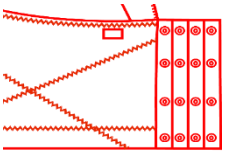
	اسم الجزء	التعريف / الوظيفة
1	الكأس	الجزء الذي يغطي الثدي ويمنحه الشكل والدعم.
2	حمالة الكتف	أشرطة توضع على الكتفين لتثبيت الحمالة والمساعدة في توزيع الوزن.
3	الشريط أسفل الصدر	شريط يحيط بأسفل الصدر ويوفر الدعامة الأساسية والثبات.
4	مرد أمامي (شنكار وعين)	وسيلة إغلاق أمامية تتكون من خطاف (شنكار) وعين للربط.
5	مرد خلفي (الكبسون)	وسيلة إغلاق خلفية تحتوي غالبًا على عدة صفوف لضبط المقاس.
6	مرد حمالة الكتف (شنكار وعين)	جزء خاص بتثبيت أو فصل حمالة الكتف عند الحاجة.
7	منظمات للملحقات الخارجية	حلقات قماشية تُستخدم لتثبيت ملحقات إضافية خارجية.
8	فتحات تهوية دائرية	فتحات تسمح بمرور الهواء لتقليل التعرق وزيادة الراحة.
9	جيب داخلي في الكأس	جيب مخصص لوضع بطانة إضافية أو دعامة خاصة.
10	منظمات لحمل الجهاز الذكي	حلقات قماشية مخصصة لتثبيت جهاز ذكي صغير (جهاز التدليك.)

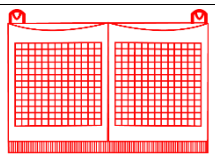
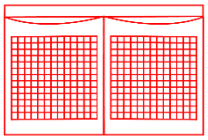
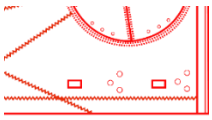
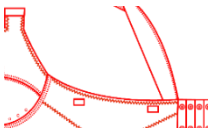
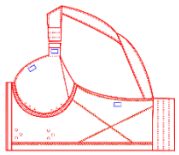
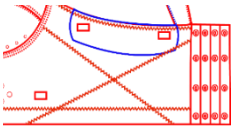
المعالجات الوظيفية والجمالية

تستند المعالجات الوظيفية والجمالية في تصميم الحمالة المقترح إلى تحقيق تكامل متوازن بين الدعم الجسدي والراحة الملبسية من جهة، وتعزيز الإحساس بالأنوثة والثقة بالنفس من جهة أخرى. ويهدف هذا التكامل إلى تلبية الاحتياجات الصحية والنفسية للناجيات من سرطان الثدي من خلال حلول تصميمية مدروسة تراعي الأداء العملي والمظهر الجمالي في آنٍ واحد.

صورة (3): تصميم حمالة الصدر الداعمة يوضح مكمل الوسادة، مكمل الجيوب، حابكة منزلقة

أولا: الجانب الوظيفي للتصميم

المعالجات الوظيفية	صورة توضيحية
حمالة الكتف: - عرض شريط الكتف أعرض من الحمالة التقليدية لتقليل المقاومة والثقل على الكتف والظهر، موازنة الثقل وتقديم الدعم الناتج عن وزن الثدي الاصطناعي. - وجود شنكار وعين للتحكم في رفع وخفض الكأس، مما يسهل تعديل مستوى الثدي بعد العملية. وتحقيق الموازنة في المظهر العام.	
الكأس: مصمم لتوفير تغطية كاملة للثدي بهدف حمايته من الاحتكاك والألم، خاصة للبشرة الحساسة بعد جلسات العلاج الإشعاعي، كما يقلل من الاحتكاك مع الشق الجراحي بعد العملية الجراحية مما يحد من الألم ويمنع تهيج مكان العملية، كما يمنح السيدة شعورًا بالراحة والثقة ويضمن ثبات الثدي الاصطناعي ومنع سقوطه أو الضغط غير المناسب عليه. **عرض الشريط أسفل الكأس :** عريض ليحتوي المنطقة ودعم الحمالة بشكل كافٍ، ولتوفير الحماية للشق الجراحي وضمان الراحة الملبسية.	
الشريط تحت الإبط: على الشريط العريض تحت الإبط تم عمل خياطة على شكل حرف (X) لدعم الثدي وتوفير توازن الثقل، مما يقلل الحمل على الكتف.	
الجيب الداخلي في الكأس :لحمل الطرف الاصطناعي للثدي، مزود بأداة غلق وفتحة إدخال من الأعلى لضمان ثبات الثدي الاصطناعي، منع سقوطه، وتوفير الدعم والراحة والثقة للسيدة.	
فتحات للتهوية :موجودة في الكأس والشريط تحت الصدر لتسهيل تدفق الهواء والتخلص من الرطوبة الناتجة عن الطرف الاصطناعي أو الطقس المناخي.	
المرد الأمامي :مزود بشنكار وعين لتسهيل ارتداء وخلع الحمالة دون الحاجة لرفع الذراع، خاصة عند تيبّس مفصل الكتف والذراع. واتضح للباحثة بأن أداة الغلق من نوع الشنكار صعبة الاستخدام نسبيًا على مصابات سرطان الثدي، مما يبرز الحاجة لاستبدالها بخيار أسهل مثل الحابكة المنزلقة. وقد تم تطبيق هذا التحسين في هذه الحمالة لتفادي هذه المشكلة الملبسية.	
المرد الخلفي :يحتوي على كباسين بأربعة صفوف لتوفير إمكانية ضبط القياس والتحكم في الملاءمة. حيث ان أداة الغلق (الكبسون البلاستيكي) الموجودة في الجزء الخلفي صممت لتوفير عدة مقاسات دون التأثير على شكل الكأس، بخلاف الحمالات التقليدية ذات أدوات الغلق الأمامية والصفوف المتعددة التي قد تشوه شكل الكأس وتؤثر على المظهر العام للسيدة.	

مكمل الجيوب: عددها اثنان لكل جهة (اليمنى واليسرى)، مخصص لحمل أكياس تصريف السوائل بعد العملية الجراحية، حيث تحملها السيدة لساعات أو لأيام عديدة حسب الحاجة. كما أن المكمل قابل للتركيب والإزالة. - تحتوي الجيوب على شنكار للتشابك مع المنظمات الموجودة في الشريط أسفل الصدر، لتثبيت الجيوب بشكل آمن. - يوجد قماش شبكي في منتصف الجيب لتمكين رؤية سوائل حقائب التصريف. - تحتوي الجيوب على شريط لاصق (فلكرو) للتثبيت مع الجيوب الأخرى، ما يحافظ على تماسك النظام. الجيوب رقم (1) تحتوي في أسفلها على شريط لاصق (فلكرو) للتشابك مع الجيوب رقم (2) عند الحاجة لزيادة عدد الجيوب حسب عدد أكياس التصريف، بما يضمن الاستقرار والتثبيت.	 الجيوب رقم(1)  الجيوب رقم(2)
المنظمات (الحلقات القماشية): - الحلقات الموجودة أسفل الكأس تُستخدم لتثبيت مكمل الجيوب، مما يضمن الاستقرار والأمان أثناء الاستخدام. - حلقات موجودة في الشريط أسفل الإبط لتثبيت مكمل الوسادة، وضمان الدعم والراحة لمنطقة الإبط. - ثلاث حلقات موزعة على حمالة الكتف تُستخدم لتثبيت الجهاز الذكي عند الحاجة.	  
مكمل الوسادة: عددها اثنان، تركب مباشرة تحت منطقة الإبط لتوفير مساحة مريحة بين الذراع والإبط، تسمح بارتكاز اليد ودعمها، وتمنع التصاق الذراع بالإبط نتيجة آثار جانبية للعملية الجراحية أو استئصال الغدد اللمفاوية، مما يقلل الألم الناتج عن الاحتكاك. كما أن المكمل قابل للتركيب والإزالة حسب الحاجة.	

الخامة المستخدمة في التنفيذ:

تم اختيار قماش الخيزران نظرًا لخصائصه الملائمة لاحتياجات النساء بعد استئصال الثدي، إذ يجمع بين النعومة العالية، وقابلية التهوية، والقدرة الممتازة على امتصاص الرطوبة، بالإضافة إلى خصائصه الطبيعية المضادة للبكتيريا، مما يعزز حماية منطقة الصدر بعد الجراحة والعلاج الإشعاعي. كما يتميز بخاصية الحماية من الأشعة فوق البنفسجية، وهو أمر مهم بعد جلسات العلاج الإشعاعي، ويساهم في تحقيق راحة حرارية أفضل عند ارتداء الطرف الاصطناعي.

وقد أكدت الدراسات أن نوع القماش وخصائصه يُعدان من المحددات الأساسية لجودة وأداء حمالة الصدر، حيث تمثل خصائص الأقمشة عنصرًا جوهريًا في البنية الداعمة والراحة الملبسية (Bolaji et al., 2022; Zhou et al., 2013). وأشارت (Gho, 2014) إلى أهمية مراعاة النعومة، وقابلية التنفس، وطبيعية الملمس، وحساسية الجلد، واضطراب تنظيم حرارة الجسم لدى النساء بعد علاج سرطان الثدي. كما بينت (Mishra et al., 2012) أن الخصائص اللمسية، مثل المرونة، والقدرة على استعادة الشكل، والكثافة، واحتكاك السطح، تؤثر مباشرة في مستوى الراحة، مع تفوق أقمشة الخيزران 100% على القطن 100% من حيث الأداء اللمسي والراحة.

وفي المقابل، أظهرت دراسة (Madaan & Pow, 2025) محدودية استخدام الأقمشة الطبيعية في حمالات الصدر المتاحة تجاريًا، وهيمنة الأقمشة الصناعية التي أثارت مخاوف النساء من خشونتها وضعف التهوية. وأوضحت الدراسة تفضيل النساء للمواد الطبيعية القابلة للتنفس والصديقة للبشرة لما توفره من راحة ورضا أكبر عند الارتداء.

بناءً على ما سبق، جاء اختيار الباحثة لقماش الخيزران استجابة مباشرة لهذه المعايير العلمية والملبسية، مؤكدة أن الاختيار لم يكن عشوائيًا بل مستندًا إلى الأدبيات السابقة ومتوافقًا مع الاحتياجات الفسيولوجية والملبسية للفئة المستهدفة.

ثانيا: الجانب الجمالي للتصميم

أُضيف قماش الدانتيل إلى التصميم لإضفاء درجة عالية من الجمال والأنوثة، حيث ساهم مع اللون الوردي الفاتح في تعزيز الرقة والنعومة وإضفاء إيقاع حيوي بعيد عن الجمود والرتابة. كما ساعد استخدام اللون الوردي الفاتح على كامل الحمالة ومكملاتها في خلق شعور بالوحدة والتآلف والتكامل بين أجزاء التصميم المختلفة، محققًا توازنًا متماثلًا ومظهرًا عامًا منسجمًا يمنح إحساسًا بالتماسك والاستقرار، دون الإخلال بالوظيفة الأساسية للحمالة.

وهذا ما أكدته العديد من الدراسات السابقة بأهمية البعد الجمالي في دعم الصحة العاطفية والنفسية للنساء بعد استئصال الثدي؛ فقد أشار Fingeret et al. (2014) إلى أن العناصر الجمالية في الملابس الداخلية تساهم في تعزيز الثقة بالنفس والتمكين. ومع ذلك، أشارت الدراسات إلى أن العديد من الحمالات المتوفرة بعد الاستئصال تفتقر إلى الطابع العصري والجاذبية، وغالبًا ما توصف بأنها منتجات طبية، مما يثير قلق النساء بشأن مظهرهن وفقدان الجاذبية (Leung, 2017). وعبرت إحدى المشاركات في دراسة Madaan. (2023) عن هذا القلق قائلة: "أشعر بأنني محدودة فيما يمكنني ارتداؤه، خاصة عندما يتعلق الأمر بالعثور على شيء عصري يناسب سني" (ص.11).

كما أوضحت دراسة Madaan & Pow (2025) أن معظم الحمالات المتاحة مصنوعة بألوان محايدة وباهتة وتفتقر إلى التفاصيل الجمالية، ما دفع المحاربات إلى التعبير عن حاجتهن إلى حمالات بصور وأنماط متنوعة، تشمل: الحمالات الرياضية العصرية، ألوان زاهية وفاتحة تعكس صيحات الموضة الموسمية، وتصاميم من طبعات الأقمشة والزينة مثل الدانتيل والتطريز مع مراعاة عدم تسبب الاحتكاك للجلد الحساس. وتوفر هذه الحلول الجمالية شعورًا أكبر بالأنوثة والجاذبية، مما يعزز الثقة بالنفس عند اختيار الحمالة بعد الاستئصال (Madaan,2023).

وبناءً على ما سبق، فإن النساء بعد استئصال الثدي بحاجة ماسة إلى حمالات صدر جذابة وعصرية وغير طبية المظهر، مما يؤكد ضرورة أن يعمل مصممو الأزياء على توفير تصميمات بألوان وأنماط متنوعة لتلبية التفضيلات الفردية للمحاربات (McGhee et al., 2020; Chen, Labat, Bye, 2010).

صورة (4): تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة (المنفذة).

بناء أداوت البحث:

الأداة الأولى: استمارة استطلاع رأي عن احتياجات محاربات سرطان الثدي لحمالة الصدر

هدف الاستبانة: التعرف على رأي محاربات سرطان الثدي اتجاه الحمالات المتواجدة في الأسواق، ومعرفة احتياجاتهن المناسبة في حمالة الصدر، تحقيقًا لأهداف البحث عن تحديد الاحتياجات الملبسية اللازمة لمحاربات سرطان الثدي.

وصف الاستبانة: حيث شمل على جزئين (البيانات الديموغرافية، وعبارات الاستبيان). وفيما يلي عرضا تفصيليا لاستمارة استطلاع رأي عن احتياجات محاربات سرطان الثدي لحمالة الصدر:

1- **البيانات الديموغرافية:**

تم توزيع مفردات عينة الدراسة وفقاً: العمر، مدة الإصابة بالمرض، إتمام مرحلة التعافي من المرض.

- العمر؛ شمل على خمس فئات: (30 الى 35، 36 الى 40، 41 الى 45، 46 الى 50، أكبر من 50).
- مدة الإصابة بالمرض؛ شملت على أربع فئات: (أقل من سنة، من سنة الى ثلاث سنوات، أكثر من ثلاث سنوات).
- إتمام مرحلة التعافي من المرض؛ شمل على ثلاث فئات: (نعم، لا، مازلت في مرحلة العلاج).

2- عبارات الاستبانة:

شملت استمارة استطلاع رأي عن احتياجات محاربات سرطان الثدي لحمالة الصدر على (13) عبارة خبرية تقيس استطلاع رأي عن احتياجات محاربات سرطان الثدي لحمالة الصدر، وتجيب عنها عينة الدراسة، وتتحدد استجابتهم عليه وفقا للتقدير الخماسي (موافق بشدة، موافق، موافق إلى حد ما، غير موافق، غير موافق بشدة) على مقياس متصل (5،4،3،2،1)، (1،2،3،4،5) طبقا لاتجاه العبارات (إيجابي - سلبي)، ووضعت درجات كمية لاستجابات أفراد العينة، حيث كانت الدرجة العظمى (65) بينما كانت الدرجة الصغرى (13). وعليه تم تقسيم مستوى (المقياس ككل) إلى مستوى (منخفض – متوسط - مرتفع) من خلال حساب المدى وأبعاده تبعا للبيانات المشاهدة نتيجة تطبيق الاستبانة كما سبق ذكره أعلاه، فكانت النتائج كالتالي:

مستوى استطلاع رأي عن احتياجات محاربات سرطان الثدي لحمالة الصدر منخفض (من 13 إلى أقل من 31)، مستوى استطلاع رأي عن احتياجات محاربات سرطان الثدي لحمالة الصدر متوسط (من 31 إلى أقل من 49)، مستوى استطلاع رأي عن احتياجات محاربات سرطان الثدي لحمالة الصدر مرتفع (من 49 فأكثر).

الأداة الثانية: استبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المقترحة موجهة للمتخصصين في مجال الأزياء والنسيج.

هدف الاستبانة: قامت الباحثة بإعداد استبانة موجهة الى المتخصصين في مجال الأزياء والنسيج تهدف إلى تقييم تصميم حمالة الصدر داعمة لما بعد الجراحة، وهذا لتحقق من صحة فرضيات البحث.

وصف الاستبانة: حيث شمل على (12) عبارة خبرية مقسمة إلى محورين رئيسين (الجانب الجمالي، الجانب الوظيفي)، تقيس تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المقترحة موجهة للمتخصصين في مجال الأزياء والنسيج. وتتحدد استجابتهم عليه وفقا للتقدير الخماسي (موافق بشدة، موافق، موافق إلى حد ما، غير موافق، غير موافق بشدة)

على مقياس متصل (5،4،3،2،1)، (1،2،3،4،5) طبقا لاتجاه العبارات (إيجابي - سلبي)، ووضعت درجات كمية لاستجابات أفراد العينة، حيث كانت الدرجة العظمى (60) بينما كانت الدرجة الصغرى (12). وعليه تم تقسيم مستوى (المقياس ككل) إلى مستوى (منخفض – متوسط - مرتفع) من خلال حساب المدى وأبعاده تبعا للبيانات المشاهدة نتيجة تطبيق الاستبانة كما سبق ذكره أعلاه، فكانت النتائج كالتالي:

مستوى تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المقترحة منخفض (من 12 إلى أقل من 28)، مستوى تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المقترحة متوسط (من 28 إلى أقل من 44)، مستوى تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المقترحة مرتفع (من 44 فأكثر).

وفيما يلي عرضا تفصيليا لاستبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المقترحة موجهة للمتخصصين في مجال الأزياء والنسيج:

1- المحور الأول- الجانب الجمالي:

اشتمل هذا المحور على (6) عبارة خبرية تقيس مستوى الجانب الجمالي، وقد كانت الدرجة العظمى (30) بينما كانت الدرجة الصغرى (6)، وعلى ذلك تم تقسيم الاستجابات إلى ثلاث مستويات.

مستوى الجانب الجمالي منخفض (من 6 إلى أقل من 14)، مستوى الجانب الجمالي متوسط (من 14 إلى أقل من 22)، مستوى الجانب الجمالي مرتفع (من 22 فأكثر).

2- المحور الثاني- الجانب الوظيفي:

اشتمل هذا المحور على (6) عبارات خبرية تقيس مستوى الجانب الوظيفي، وقد كانت الدرجة العظمى (30) بينما كانت الدرجة الصغرى (6)، وعلى ذلك تم تقسيم الاستجابات إلى ثلاث مستويات.

مستوى الجانب الوظيفي منخفض (من 6 إلى أقل من 14)، مستوى الجانب الوظيفي متوسط (من 14 إلى أقل من 22)، مستوى الجانب الوظيفي مرتفع (من 22 فأكثر).

تقنين أدوات البحث

أولاً: حساب صدق المقاييس Validity

اعتمد البحث الحالي في التحقق من صدق المقاييس على طريقتين:

أ- صدق المحتوى:

للتأكد من صدق المحتوى تم عرض (أدوات البحث) في صورتهما الأولية على عدد من الأساتذة المحكمين أعضاء هيئة التدريس في المجال، وذلك للتعرف على آرائهم في المقياس من حيث دقة الصياغة اللغوية لمفردات المقياس، وضوح العبارات، تسلسل العبارات، ملائمة بنود الاستبيان لأهداف الدراسة، وكفاية العبارات الواردة في كل محور لتحقيق الهدف الذي وضع من أجله، وقد قامت الباحثة بإجراء التعديلات المشار إليها على صياغة بعض العبارات، وحذفت بعض العبارات وبذلك يكون قد خضع لصدق المحتوى.

ب- صدق الاتساق الداخلي

لحساب صدق الاتساق الداخلي لمقاييس (أدوات البحث) تم تطبيقهم على عينة استطلاعية بلغ عددها (7)، وبعد رصد النتائج تمت معالجتها وتم حساب معامل الارتباط بيرسون بين (المحاور - والدرجة الكلية للمقياس)، والجداول التالية توضح قيم معاملات الارتباط.

جدول (2) معاملات الارتباط استبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المقترحة موجهة للمتخصصين في مجال الأزياء والنسيج بين (المحاور - والدرجة الكلية للمقياس)

المحاور	عدد العبارات	معامل الارتباط	الدلالة
الجانب الجمالي	6	**0.793	<0,001
الجانب الوظيفي	6	**0.814	<0,001
مستوى الدلالة (0,01)			

يتضح من الجدول السابق أن معاملات الارتباط بين محاور استبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المقترحة والدرجة الكلية للمقياس جاءت موجبة ومرتفعة ودالة إحصائيًا عند مستوى دلالة (0.001)، حيث بلغ معامل الارتباط لمحور الجانب الجمالي (0.793) ومحور الجانب الوظيفي (0.814)، مما يدل على اتساق محاور الاستبانة مع المقياس ككل، ويؤكد تمتع الاستبانة بدرجة مناسبة من الصدق البنائي وصلاحيتها للتطبيق على المتخصصين في مجال الأزياء والنسيج.

جدول (3) معاملات الارتباط استبانة تقييم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة موجهة للمتخصصين في مجال الأزياء والنسيج ومجال الجراحة العامة بين (المحاور - والدرجة الكلية للمقياس)

المحاور	عدد العبارات	معامل الارتباط	الدلالة
الجانب الجمالي	6	**0.807	<0,001
الجانب الوظيفي	7	**0.793	<0,001
مستوى الدلالة (0,01)			

يتضح من الجدول السابق أن معاملات الارتباط بين محاور استبانة تقييم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة والدرجة الكلية للمقياس جاءت موجبة ومرتفعة ودالة إحصائيًا عند مستوى دلالة (0.001)، حيث بلغ معامل الارتباط لمحور الجانب الجمالي (0.807) ومحور الجانب الوظيفي (0.793)، مما يدل على اتساق محاور الاستبانة مع المقياس ككل، ويؤكد تمتع الاستبانة بدرجة مناسبة من الصدق البنائي وصلاحيتها للتطبيق على المتخصصين في مجال الأزياء والنسيج ومجال الجراحة العامة.

جدول (4) معاملات الارتباط استبانة تقييم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة موجهة لعينة الدراسة بين (المحاور - والدرجة الكلية للمقياس)

المحاور	عدد العبارات	معامل الارتباط	الدلالة
الجانب الجمالي	5	**0.864	<0,001
الجانب الوظيفي	15	**0.836	<0,001
مستوى الدلالة (0,01)			

يتضح من الجدول السابق أن معاملات الارتباط بين محاور استبانة تقييم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة والدرجة الكلية للمقياس جاءت موجبة ومرتفعة ودالة إحصائيًا عند مستوى دلالة (0.001)، حيث بلغ معامل الارتباط لمحور الجانب الجمالي (0.864) ومحور الجانب الوظيفي (0.836)، مما يدل على اتساق محاور الاستبانة مع المقياس ككل، ويؤكد تمتع الاستبانة بدرجة مناسبة من الصدق البنائي وصلاحيتها للتطبيق على عينة الدراسة.

كذلك تم حساب معامل الارتباط بين العبارات والمحور كما بالجداول التالية.

جدول (5) معاملات الارتباط استمارة استطلاع رأي عن احتياجات محاربات سرطان الثدي لحمالة الصدر بين (العبارة - والدرجة الكلية للمحور)

العبارة	معامل الارتباط	الدلالة	العبارة	معامل الارتباط	الدلالة
1	**0.880	<0,001	8	**0.834	<0,001
2	**0.794	<0,001	9	**0.815	<0,001
3	**0.802	<0,001	10	**0.792	<0,001
4	**0.881	<0,001	11	**0.885	<0,001
5	**0.851	<0,001	12	**0.857	<0,001
6	**0.884	<0,001	13	**0.793	<0,001
7	**0.857	<0,001			

يتضح من الجدول السابق أن معاملات الارتباط بين عبارات استمارة استطلاع الرأي عن احتياجات محاربات سرطان الثدي لحمالة الصدر والدرجة الكلية للمحور جاءت موجبة ومرتفعة ودالة إحصائيًا عند مستوى دلالة (0.001)، حيث تراوحت قيم معاملات الارتباط بين (0.792) و(0.885)، مما يدل على اتساق عبارات الاستمارة مع المحور الذي تنتمي إليه، ويؤكد تمتعها بدرجة مناسبة من صدق الاتساق الداخلي وصلاحيتها للتطبيق على عينة الدراسة.

جدول (6) معاملات الارتباط استبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المقترحة موجهة للمتخصصين في مجال الأزياء والنسيج بين (العبارة - والدرجة الكلية للمحور)

الجانب الجمالي			الجانب الوظيفي		
العبارة	معامل الارتباط	الدلالة	العبارة	معامل الارتباط	الدلالة
1	**0.848	<0,001	1	**0.791	<0,001
2	**0.887	<0,001	2	**0.818	<0,001
3	**0.790	<0,001	3	**0.875	<0,001
4	**0.887	<0,001	4	**0.860	<0,001
5	**0.834	<0,001	5	**0.838	<0,001
6	**0.807	<0,001	6	**0.856	<0,001

يتضح من الجدول السابق أن معاملات الارتباط بين عبارات استبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المقترحة والدرجة الكلية لكل محور جاءت موجبة ومرتفعة ودالة إحصائيًا عند مستوى دلالة (0.001)، حيث تراوحت قيم معاملات الارتباط في محور الجانب الجمالي بين (0.790) و(0.887)، وفي محور الجانب الوظيفي بين (0.791) و(0.875)، مما يدل على اتساق عبارات كل محور مع الدرجة الكلية له، ويؤكد تمتع الاستبانة بدرجة مناسبة من صدق الاتساق الداخلي وصلاحيتها للتطبيق على المتخصصين في مجال الأزياء والنسيج.

جدول (7) معاملات الارتباط استبانة تقييم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة موجهة للمتخصصين في مجال الأزياء والنسيج ومجال الجراحة العامة بين (العبارة - والدرجة الكلية للمحور)

الجانب الجمالي			الجانب الوظيفي		
العبارة	معامل الارتباط	الدلالة	العبارة	معامل الارتباط	الدلالة
1	**0.822	<0,001	1	**0.887	<0,001
2	**0.831	<0,001	2	**0.811	<0,001
3	**0.863	<0,001	3	**0.854	<0,001
4	**0.845	<0,001	4	**0.828	<0,001
5	**0.886	<0,001	5	**0.858	<0,001
6	**0.788	<0,001	6	**0.830	<0,001
			7	**0.874	<0,001

يتضح من الجدول السابق أن معاملات الارتباط بين عبارات استبانة تقييم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة والدرجة الكلية لكل محور جاءت موجبة ومرتفعة ودالة إحصائيًا عند مستوى دلالة (0.001)، حيث تراوحت قيم معاملات الارتباط في محور الجانب الجمالي بين (0.788) و(0.886)، وفي محور الجانب الوظيفي بين (0.811) و(0.887)، مما يدل على اتساق عبارات كل محور مع الدرجة الكلية له، ويؤكد تمتع الاستبانة بدرجة مناسبة من صدق الاتساق الداخلي وصلاحيتها للتطبيق على المتخصصين في مجال الأزياء والنسيج ومجال الجراحة العامة.

جدول (8) معاملات الارتباط استبانة تقييم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة موجهة لعينة الدراسة بين (العبارة - والدرجة الكلية للمحور)

الجانب الجمالي			الجانب الوظيفي		
العبارة	معامل الارتباط	الدلالة	العبارة	معامل الارتباط	الدلالة
1	**0.826	<0,001	1	**0.838	<0,001
2	**0.872	<0,001	2	**0.857	<0,001
3	**0.835	<0,001	3	**0.875	<0,001
4	**0.874	<0,001	4	**0.802	<0,001
5	**0.792	<0,001	5	**0.830	<0,001
			6	**0.825	<0,001
			7	**0.836	<0,001
			8	**0.849	<0,001
			9	**0.826	<0,001
			10	**0.826	<0,001
			11	**0.842	<0,001
			12	**0.854	<0,001
			13	**0.869	<0,001
			14	**0.809	<0,001
			15	**0.811	<0,001

يتضح من الجدول السابق أن معاملات الارتباط بين عبارات استبانة تقييم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة والدرجة الكلية لكل محور جاءت موجبة ومرتفعة ودالة إحصائيًا عند مستوى دلالة (0.001)، حيث تراوحت قيم معاملات الارتباط في محور الجانب الجمالي بين (0.792) و(0.874)، وفي محور الجانب الوظيفي بين (0.802) و(0.875)، مما يدل على اتساق عبارات كل محور مع الدرجة الكلية له، ويؤكد تمتع الاستبانة بدرجة مناسبة من صدق الاتساق الداخلي وصلاحيتها للتطبيق على عينة الدراسة.

ثانيا: حساب ثبات المقاييس Reliability

قامت الباحثة بحساب معاملات الثبات (أدوات البحث) ، باستخدام طريقة ألفا كرو نباخ Alpha Cronbach، والجداول التالية توضح ذلك:

جدول (9) معامل الثبات لاستمارة استطلاع رأي عن احتياجات محاربات سرطان الثدي لحمالة الصدر

عدد العبارات	معامل ألفا
13	0.837

يتضح من الجدول السابق أن معامل الثبات (ألفا كرونباخ) لاستمارة استطلاع الرأي عن احتياجات محاربات سرطان الثدي لحمالة الصدر بلغ (0.837)، وهو معامل ثبات مرتفع، مما يدل على تمتع الاستمارة بدرجة مناسبة من الثبات والاتساق الداخلي، ويؤكد صلاحيتها للتطبيق في الدراسة الحالية.

جدول (10) معاملات الثبات لاستبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المقترحة موجهة للمتخصصين في مجال الأزياء والنسيج

محاور المقياس	عدد العبارات	معامل ألفا
الجانب الجمالي	6	0.802
الجانب الوظيفي	6	0.896
ككل	12	0.844

يتضح من الجدول السابق أن معاملات الثبات (ألفا كرونباخ) لاستبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المقترحة جاءت مقبولة إلى مرتفعة، حيث بلغ معامل ألفا لمحور الجانب الجمالي (0.802) ولمحور الجانب الوظيفي (0.896)، كما بلغ معامل الثبات للاستبانة ككل (0.844)، مما يدل على تمتع الاستبانة بدرجة مناسبة من الثبات والاتساق الداخلي، ويؤكد صلاحيتها للتطبيق على المتخصصين في مجال الأزياء والنسيج.

جدول (11) معاملات الثبات لاستبانة تقييم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة موجهة للمتخصصين في مجال الأزياء والنسيج ومجال الجراحة العامة

محاور المقياس	عدد العبارات	معامل ألفا
الجانب الجمالي	6	0.839
الجانب الوظيفي	7	0.789
ككل	13	0.796

يتضح من الجدول السابق أن معاملات الثبات (ألفا كرونباخ) لاستبانة تقييم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة جاءت مقبولة إلى مرتفعة، حيث بلغ معامل ألفا لمحور الجانب الجمالي (0.839) ولمحور الجانب الوظيفي (0.789)، كما بلغ معامل الثبات للاستبانة ككل (0.796)، مما يدل على تمتع الاستبانة بدرجة مناسبة من الثبات والاتساق الداخلي، ويؤكد صلاحيتها للتطبيق على المتخصصين في مجال الأزياء والنسيج ومجال الجراحة العامة.

جدول (12) معاملات الثبات لاستبانة تقييم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة موجهة لعينة الدراسة

محاور المقياس	عدد العبارات	معامل ألفا
الجانب الجمالي	5	0.851
الجانب الوظيفي	15	0.842
ككل	20	0.806

يتضح من الجدول السابق أن معاملات الثبات (ألفا كرونباخ) لاستبانة تقييم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة جاءت مقبولة إلى مرتفعة، حيث بلغ معامل ألفا لمحور الجانب الجمالي (0.851) ولمحور الجانب الوظيفي (0.842)، كما بلغ معامل الثبات للاستبانة ككل (0.806)، مما يدل على تمتع الاستبانة بدرجة مناسبة من الثبات والاتساق الداخلي، ويؤكد صلاحيتها للتطبيق على عينة الدراسة.

النتائج والمناقشة

الفرض الأول: ينص الفرض على أنه ""توجد فروق دالة احصائيا بين احتياجات محاربات سرطان الثدي لحمالة الصدر وفقا لآراء عينة الدراسة."

وللتحقق من صحة الفرض إحصائيًا تم استخدام كا2، وتوضح الجداول التالية قيم كا2 لتكرارات استجابة عينة البحث للبنود الخاصة باستمارة استطلاع رأي عن احتياجات محاربات سرطان الثدي لحمالة الصدر.

جدول (13) قيم كا2 لتكرارات استجابة عينة البحث للبنود الخاصة باستمارة استطلاع رأي عن احتياجات محاربات سرطان الثدي لحمالة الصدر ن= 52

العبارة	موافق بشدة		موافق		موافق لحد ما		غير موافق		غير موافق بشدة		كا2	الوزن النسبي	الترتيب
	العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	%			
1	26	50	15	28.8	6	11.5	4	7.7	1	1.9	39.731 <0,001	7.38	12
2	31	59.6	10	19.2	4	7.7	6	11.5	1	1.9	55.115 <0,001	7.48	11
3	30	57.7	15	28.8	6	11.5	1	1.9	-	-	59.731 <0,001	7.82	4
4	27	51.9	13	25	6	11.5	6	11.5	-	-	41.269 <0,001	7.38	12
5	28	53.8	14	26.9	7	13.5	3	5.8	-	-	47.808 <0,001	7.58	10
6	30	57.7	13	25	6	11.5	2	3.8	1	1.9	54.731 <0,001	7.65	9
7	31	59.6	11	21.2	8	15.4	1	1.9	1	1.9	58.385 <0,001	7.68	8
8	33	63.5	12	23.1	5	9.6	1	1.9	1	1.9	69.154 <0,001	7.85	2
9	32	61.5	13	25	4	7.7	3	5.8	-	-	65.115 <0,001	7.82	4
10	32	61.5	12	23.1	7	13.5	1	1.9	-	-	65.115 <0,001	7.85	2
11	33	63.5	13	25	6	11.5	-	-	-	-	72.423 <0,001	7.99	1
12	32	61.5	13	25	4	7.7	2	3.8	1	1.9	64.731 <0,001	7.78	6
13	30	57.7	14	26.9	6	11.5	2	3.8	-	-	57.231 <0,001	7.75	7

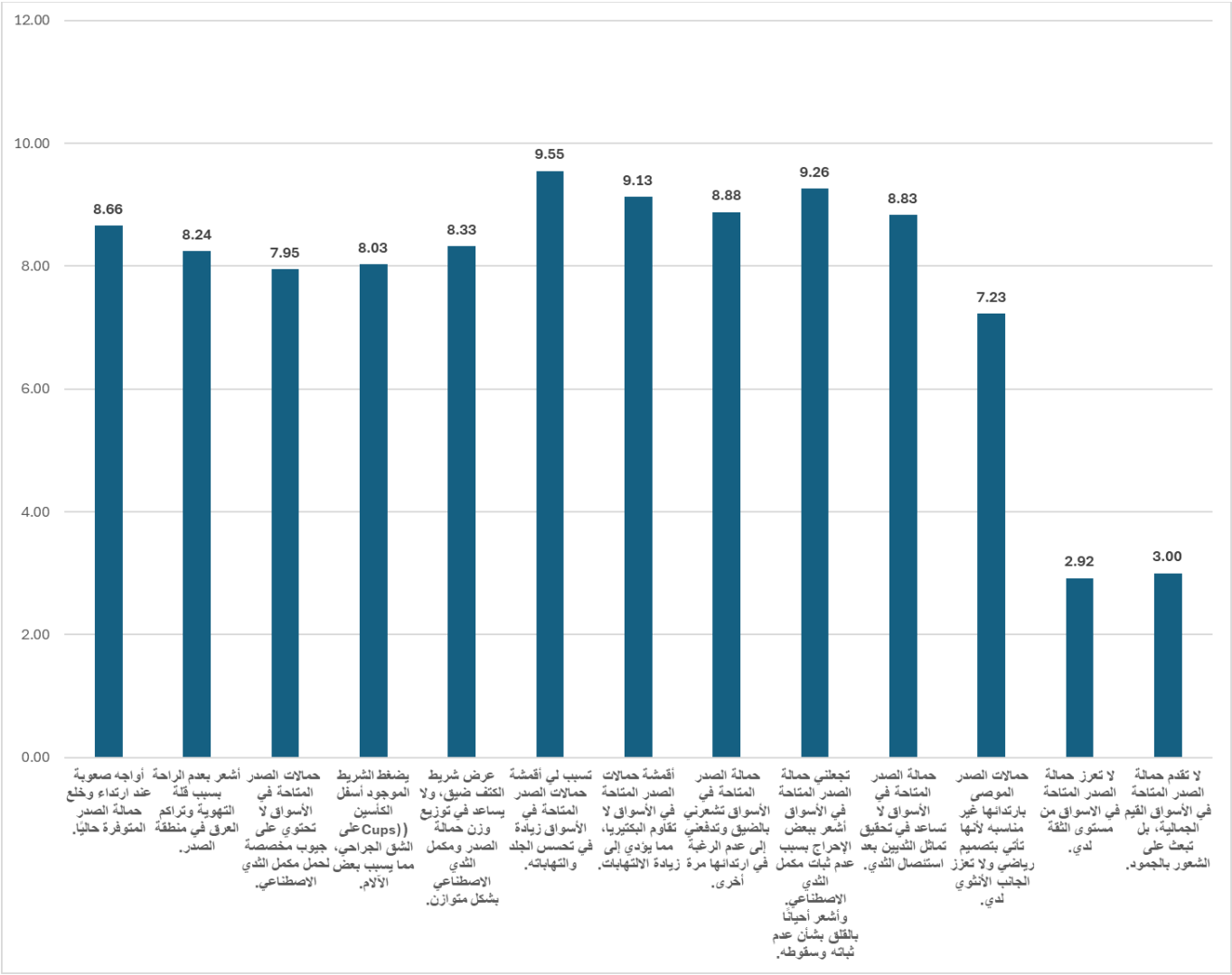
** مستوى الدلالة 0.05 – درجة الحرية 4*

يتضح من الجدول السابق أن استجابات عينة البحث (ن = ٥٢) على بنود استمارة استطلاع الرأي حول احتياجات محاربات سرطان الثدي لحمالة الصدر أظهرت وجود فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى (α ≤ ٠,٠٥) حيث جاءت قيم كا^2 دالة إحصائيًا عند مستوى (<٠,٠٠١) لجميع العبارات، مما يدل على اتفاق واضح بين أفراد العينة حول أوجه القصور الوظيفي والجمالي في حمالات الصدر المتوفرة حاليًا، وعدم ملاءمتها للاحتياجات الصحية والنفسية لهذه الفئة، فقد أكدت الدراسات (Leung, 2017) و (Kim & Koo, 2024) و (Madaan, 2023) و (Gho, 2014) أن هناك احتياجات ملبسية خاصة لحمالة الصدر لدى مصابات سرطان الثدي غير مستوفاة في الحمالات الجاهزة المتوفرة في الأسواق، مما يبرز الحاجة الملحة لتصميم حمالة تلبي هذه الاحتياجات.

وقد تمثلت العبارات الأعلى أهمية في عبارة "حمالات الصدر الموصي بارتدائها غير مناسبة لأنها تأتي بتصميم رياضي ولا تعزز الجانب الأنثوي لدي" التي جاءت في الترتيب الأول بوزن نسبي (٧,٩٩)، تلتها عبارة "حمالة الصدر المتاحة في الأسواق تشعرني بالضيق وتدفعني إلى عدم الرغبة في ارتدائها مرة أخرى" في الترتيب الثاني بوزن نسبي (٧,٨٥)، وتؤكد هذه النتيجة ما توصلت إليه دراسة (LaBat, Ryan, Sanden-Will, 2017)، حيث ذكرت مصابات سرطان الثدي أنهن فقدن الرغبة في ارتداء حمالة الصدر بسبب افتقادها لعناصر الراحة والملاءمة. ثم عبارة "حمالة الصدر المتاحة في الأسواق لا تساعد في تحقيق تماثل الثديين بعد استئصال الثدي" في الترتيب الثاني مكرر بوزن نسبي (٧,٨٥)، تلتها عبارة "حمالات الصدر المتاحة في الأسواق لا تحتوي على جيوب مخصصة لحمل مكمل الثدي الاصطناعي" في الترتيب الرابع بوزن نسبي (٧,٨٢)، ثم عبارة "تجعلني حمالة الصدر المتاحة في الأسواق أشعر ببعض الإحراج بسبب عدم ثبات مكمل الثدي الاصطناعي" في الترتيب الرابع مكرر بوزن نسبي (٧,٨٢)، وهو ما يعكس الأهمية الكبيرة للجوانب النفسية والأنثوية والاستقرار الوظيفي لمكمل الثدي.

أما العبارات متوسطة الأهمية فقد شملت عبارة "لا تعزز حمالة الصدر المتاحة في الأسواق من مستوى الثقة لدي" في الترتيب السادس بوزن نسبي (٧,٧٨)، وعبارة "لا تقدم حمالة الصدر المتاحة في الأسواق القيم الجمالية، بل تبعث على الشعور بالجمود" في الترتيب السابع بوزن نسبي (٧,٧٥)، وعبارة "أقمشة حمالات الصدر المتاحة في الأسواق لا تقاوم البكتيريا، مما يؤدي إلى زيادة الالتهابات" في الترتيب الثامن بوزن نسبي (٧,٦٨)، وعبارة "تسبب لي أقمشة حمالات الصدر المتاحة في الأسواق زيادة في تحسس الجلد والتهاباته" في الترتيب التاسع بوزن نسبي (٧,٦٥)، ووفقًا لدراسة (Kim & Koo, 2024)، فإن بعض أقمشة حمالات الصدر تسبب زيادة الحساسية وتهيج الجلد، مما يبرز الحاجة لاختيار أقمشة مناسبة تتوافق مع أجساد مصابات سرطان الثدي وهن معرضات للوذمة اللمفية، ثم عبارة "عرض شريط الكتف ضيق ولا يساعد في توزيع وزن حمالة الصدر ومكمل الثدي الاصطناعي بشكل متوازن" في الترتيب العاشر بوزن نسبي (٧,٥٨)، مما يشير إلى أهمية الخامات والبنية الإنشائية للحمالة في تحقيق الراحة والدعم.

وفي المقابل، جاءت العبارات منخفضة الأهمية متمثلة في عبارة "أشعر بعدم الراحة بسبب قلة التهوية وتراكم العرق في منطقة الصدر" في الترتيب الحادي عشر بوزن نسبي (٧,٤٨) وأكدت دراسة (LaBat, Ryan, Sanden-Will, 2017) على هذه المشكلة الملبسية التي تواجه مصابات سرطان الثدي، حيث يحدث تراكم العرق بين الجلد والثدي الاصطناعي في الأجواء الحارة، وهو ما يشبه مناخ المملكة العربية السعودية. وعبارتي "أواجه صعوبة عند ارتداء وخلع حمالة الصدر المتوفرة حاليًا" و"يضغط الشريط الموجود أسفل الكأسين على الشق الجراحي مما يسبب بعض الآلام" في الترتيب الثاني عشر بوزن نسبي (٧,٣٨)، وهو ما يدل على أن هذه المشكلات – رغم وجودها – جاءت أقل إلحاحًا مقارنة بالجوانب الجمالية والنفسية والاستقرارية لمكمل الثدي. والشكل التالي يوضح ذلك:



شكل (1) الوزن النسبي لبنود استبانة استطلاع احتياجات محاربات سرطان الثدي لحمالة الصدر

الفرض الثاني: ينص الفرض على أنه "توجد فروق دالة احصائيا بين تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المقترحة وفقا لآراء السادة المتخصصين في مجال الأزياء والنسيج.".

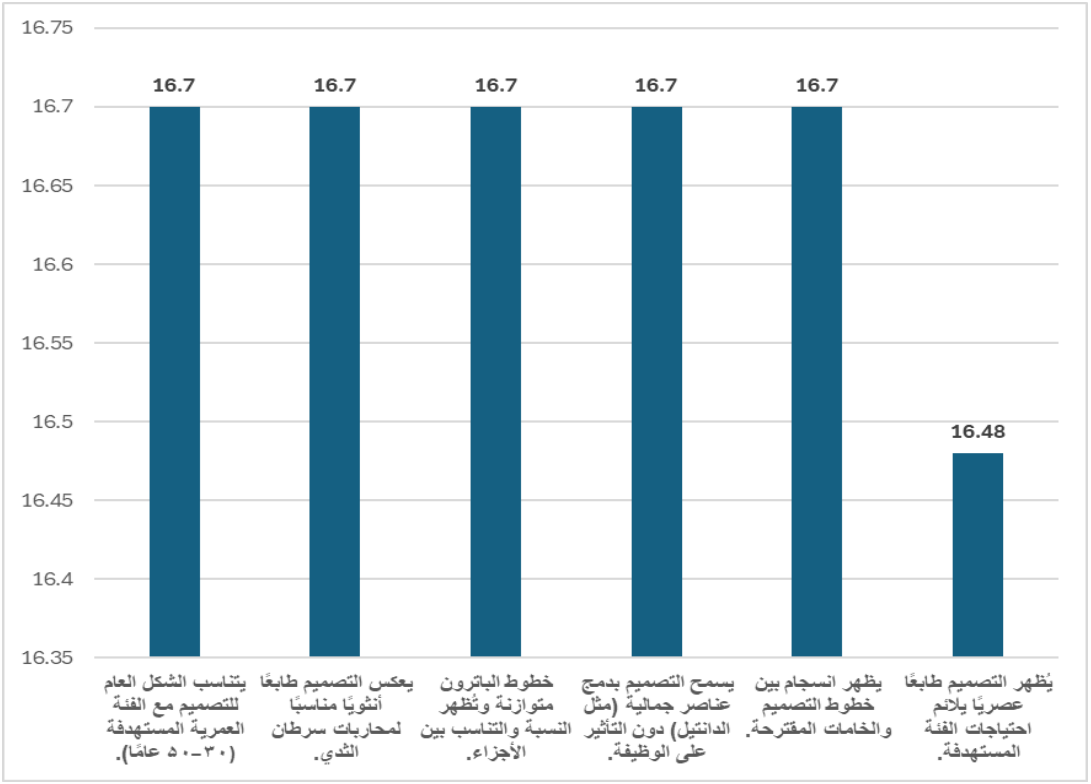
للتحقق من صحة الفرض إحصائيًا تم استخدام كا2، وتوضح الجداول التالية قيم كا2 لتكرارات استجابة السادة المتخصصين في مجال الأزياء والنسيج للبنود الخاصة باستبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المقترحة.

جدول (14) قيم كا2 لتكرارات استجابة السادة المتخصصين في مجال الأزياء والنسيج للبنود الخاصة باستبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المقترحة وفقا للجانب الجمالي ن= 15

العبارة	موافق بشدة		موافق		موافق لحد ما		غير موافق		غير موافق بشدة		كا2	الوزن النسبي	الترتيب
	العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	%			
1	15	100	-	-	-	-	-	-	-	-	*60.000 <0,001	16.70	1
2	15	100	-	-	-	-	-	-	-	-	*60.000 <0,001	16.70	1
3	15	100	-	-	-	-	-	-	-	-	*60.000 <0,001	16.70	1
4	15	100	-	-	-	-	-	-	-	-	*60.000 <0,001	16.70	1
5	15	100	-	-	-	-	-	-	-	-	*60.000 <0,001	16.70	1
6	14	93.3	1	6.7	-	-	-	-	-	-	*50.667 <0,001	16.48	2

** مستوى الدلالة 0.05 – درجة الحرية 4*

يتضح من الجدول السابق أن استجابات السادة المتخصصين في مجال الأزياء والنسيج (ن = ١٥) على بنود استبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المقترحة وفقًا للجانب الجمالي قد أظهرت اتفاقًا مرتفعًا ودلالة إحصائية عند مستوى ($\alpha \leq$ ٠,٠٥)، حيث جاءت قيم كا^2 دالة إحصائيًا عند مستوى (<٠,٠٠١) لجميع العبارات. وقد حصلت جميع العبارات على أعلى وزن نسبي بلغ (١٦,٧٠) وجاءت جميعها في الترتيب الأول، ماعدا عبارة "إظهار التصميم لطابع عصري يلائم احتياجات الفئة المستهدفة" جاءت في الترتيب الثاني بوزن نسبي (١٦,٤٨)، مما يدل على إجماع المتخصصين على تميز التصميم من الناحية الجمالية. والشكل التالي يوضح ذلك:



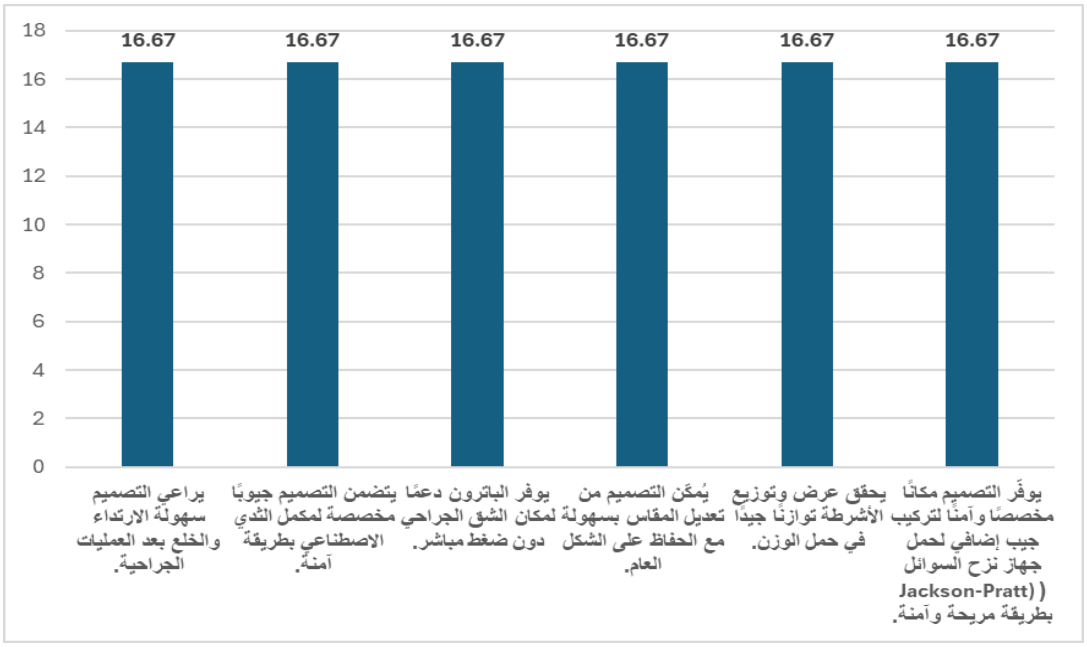
شكل (2) الوزن النسبي لبنود استبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المقترحة وفقا للجانب الجمالي

جدول (15) قيم كا2 لتكرارات استجابة السادة المتخصصين في مجال الأزياء والنسيج للبنود الخاصة باستبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المقترحة وفقا للجانب الوظيفي ن= 15

العبارة	موافق بشدة		موافق		موافق لحد ما		غير موافق		غير موافق بشدة		كا2	الوزن النسبي	الترتيب
	العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	%			
1	15	100	-	-	-	-	-	-	-	-	*60.000 <0,001	16.67	1
2	15	100	-	-	-	-	-	-	-	-	*60.000 <0,001	16.67	1
3	15	100	-	-	-	-	-	-	-	-	*60.000 <0,001	16.67	1
4	15	100	-	-	-	-	-	-	-	-	*60.000 <0,001	16.67	1
5	15	100	-	-	-	-	-	-	-	-	*60.000 <0,001	16.67	1
6	15	100	-	-	-	-	-	-	-	-	*60.000 <0,001	16.67	1

* *مستوى الدلالة 0.05 – درجة الحرية 4*

يتضح من الجدول السابق أن استجابات السادة المتخصصين في مجال الأزياء والنسيج (ن = ١٥) على بنود استبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المقترحة وفقًا للجانب الوظيفي قد أظهرت اتفاقًا تامًا بين أفراد العينة، حيث جاءت جميع الاستجابات في فئة موافق بشدة بنسبة (١٠٠٪)، وأسفرت قيم كا² عن دلالة إحصائية عند مستوى ($\alpha \leq$ ٠,٠٥)، إذ بلغت (<٠,٠٠١) لجميع العبارات. ويعكس ذلك إجماع المتخصصين على كفاءة التصميم المقترح في تلبية المتطلبات الوظيفية الأساسية لما بعد الجراحة، ويؤكد نجاحه في الجمع بين الأمان، والراحة، والدعم الوظيفي المناسب للفئة المستهدفة. والشكل التالي يوضح ذلك:



شكل (3) الوزن النسبي لعبارات استبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المقترحة وفقا للجانب الوظيفي

الفرض الثالث: ينص الفرض على أنه "توجد فروق دالة احصائيا بين تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة (المنفذة) وفقا لآراء السادة المتخصصين في مجال الأزياء والنسيج.".

للتحقق من صحة الفرض إحصائيًا تم استخدام كا2، وتوضح الجداول التالية قيم كا2 لتكرارات استجابة السادة المتخصصين في مجال الأزياء والنسيج للبنود الخاصة باستبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة (المنفذة).

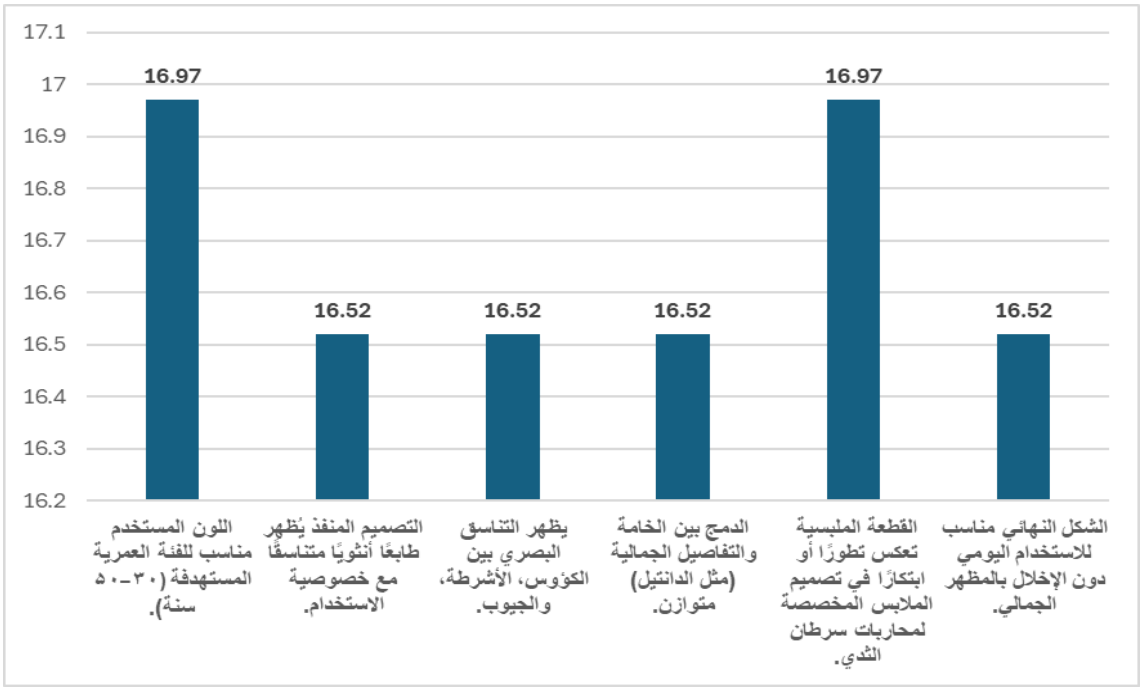
جدول (16) قيم كا2 لتكرارات استجابة السادة المتخصصين في مجال الأزياء والنسيج للبنود الخاصة باستبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة وفقا للجانب الجمالي ن= 15

العبارة	موافق بشدة		موافق		موافق لحد ما		غير موافق		غير موافق بشدة		كا2	الوزن النسبي	الترتيب
	العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	%			
1	15	100	-	-	-	-	-	-	-	-	*60.000 <0,001	16.97	1
2	13	86.7	2	13.3	-	-	-	-	-	-	*42.667 <0,001	16.52	2
3	13	86.7	2	13.3	-	-	-	-	-	-	*42.667 <0,001	16.52	2
4	13	86.7	2	13.3	-	-	-	-	-	-	*42.667 <0,001	16.52	2
5	15	100	-	-	-	-	-	-	-	-	*60.000 <0,001	16.97	1
6	13	86.7	2	13.3	-	-	-	-	-	-	*42.667 <0,001	16.52	2

* *مستوى الدلالة 0.05 – درجة الحرية 4*

يتضح من الجدول السابق أن نتائج تحليل استجابات السادة المتخصصين في مجال الأزياء والنسيج على استبانة تقييم تصميم حمالة الصدر الداعمة لما بعد الجراحة المنفذة وفقًا للجانب الجمالي قد أظهرت اتفاقًا مرتفعًا على جميع العبارات، حيث حققت عبارتا "اللون المستخدم مناسب للفئة العمرية المستهدفة (30–50 سنة)"، تتفق هذه النتيجة مع ما توصلت إليه دراسة (Madaan, 2023)، والتي أشارت إلى الحاجة لتوفير حمالة صدر بألوان زاهية وباستيل، على عكس ما هو متوفر حاليًا في الأسواق من ألوان باهتة ومحدودة مثل الأبيض والأسود والبيج. و"القطعة الملبسية تعكس تطورًا أو ابتكارًا في تصميم الملابس المخصصة لمحاربات سرطان الثدي" أعلى وزن نسبي بلغ (١٦,٩٧) وجاءتا في الترتيب الأول، مما يدل على رضا المتخصصين عن ملاءمة اللون والبعد الابتكاري للتصميم.

كما جاءت عبارات "التصميم المنفذ يُظهر طابعًا أنثويًا متناسقًا مع خصوصية الاستخدام"، و"يظهر التناسق البصري بين الكؤوس، الأشرطة، والجيوب"، و"الدمج بين الخامة والتفاصيل الجمالية (مثل الدانتيل) متوازن"، هذا يعكس رؤية المتخصصين وإدراكهم لأهمية الجانب الجمالي لدى مصابات سرطان الثدي، وتعد هذه النتيجة امتدادًا لما تطرقت إليه دراسة (Ermin & Şen Kılıç, 2025)، والتي أكدت أن للجانب الجمالي دورًا حاسمًا في تعزيز الجانب النفسي لدى هذه الفئة. و"الشكل النهائي مناسب للاستخدام اليومي دون الإخلال بالمظهر الجمالي" في الترتيب الثاني بأوزان نسبية متقاربة بلغت (١٦,٥٢)، مما يعكس اتفاقًا واضحًا من المتخصصين على تحقيق التصميم لتكامل العناصر الجمالية والوظيفية. وقد جاءت جميع قيم كا^2 دالة إحصائيًا عند مستوى (٠,٠٠١>)، مما يؤكد وجود فروق ذات دلالة إحصائية لصالح الموافقة العالية، ويشير إلى تقويم إيجابي قوي للتصميم المنفذ من حيث الجانب الجمالي. والشكل التالي يوضح ذلك:



شكل (4) الوزن النسبي لعبارات استبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة وفقا للجانب الجمالي

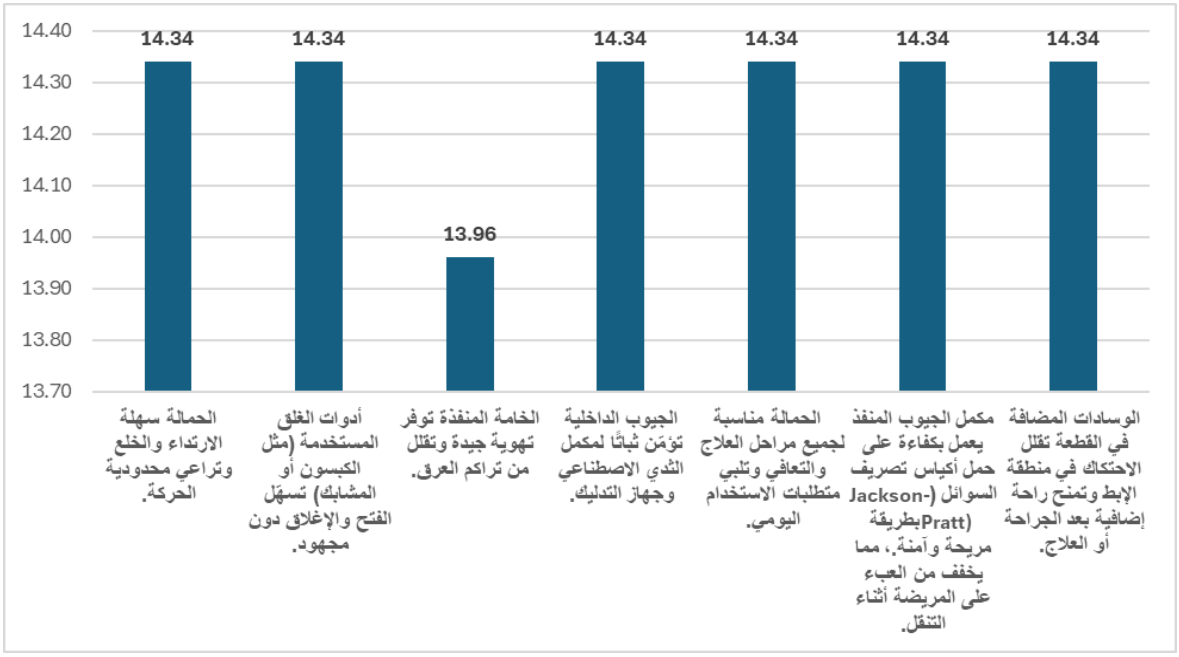
جدول (17) قيم كا2 لتكرارات استجابة السادة المتخصصين في مجال الأزياء والنسيج للبنود الخاصة باستبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة وفقا للجانب الوظيفي ن= 15

العبارة	موافق بشدة		موافق		موافق لحد ما		غير موافق		غير موافق بشدة		كا2	الوزن النسبي	الترتيب
	العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	%			
1	15	100	-	-	-	-	-	-	-	-	*60.000	14.34	1
											<0,001		
2	15	100	-	-	-	-	-	-	-	-	*60.000	14.34	1
											<0,001		
3	13	86.7	2	13.3	-	-	-	-	-	-	*42.667	13.96	2
											<0,001		
4	15	100	-	-	-	-	-	-	-	-	*60.000	14.34	1
											<0,001		
5	15	100	-	-	-	-	-	-	-	-	*60.000	14.34	1
											<0,001		
6	15	100	-	-	-	-	-	-	-	-	*60.000	14.34	1
											<0,001		
7	15	100	-	-	-	-	-	-	-	-	*60.000	14.34	1
											<0,001		

** مستوى الدلالة 0.05 – درجة الحرية 4*

يتضح من الجدول السابق أن نتائج تحليل استجابات السادة المتخصصين في مجال الأزياء والنسيج على استبانة تقييم تصميم حمالة الصدر الداعمة لما بعد الجراحة المنفذة وفقًا للجانب الوظيفي قد أظهرت مستوى مرتفعًا من الاتفاق على جميع العبارات، حيث حققت وزن نسبي بلغ (١٤,٣٤)، وجاءت جميعها في الترتيب الأول، عبارة "الخامة المنفذة توفر تهوية جيدة وتقلل من تراكم العرق" في الترتيب الثاني بوزن نسبي بلغ (١٣,٩٦) مما يعكس إجماع المتخصصين على كفاءة التصميم الوظيفية في تلبية احتياجات محاربات سرطان الثدي بعد الجراحة.

وقد جاءت جميع قيم كا^2 دالة إحصائيًا عند مستوى (٠,٠٠١>)، مما يؤكد وجود فروق ذات دلالة إحصائية لصالح الموافقة المرتفعة، ويعكس تقييمًا إيجابيًا قويًا للتصميم المنفذ من حيث تحقيق المتطلبات الوظيفية المرتبطة بالراحة، وسهولة الاستخدام، والدعم بعد الجراحة. كما بالشكل التالي:



شكل (5) الوزن النسبي لعبارات استبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة وفقا للجانب الوظيفي

الفرض الخامس: ينص الفرض على أنه "توجد فروق دالة احصائيا بين تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة (المنفذة) وفقا لآراء السادة المتخصصين في مجال الجراحة العامة".

للتحقق من صحة الفرض إحصائيًا تم استخدام كا2، وتوضح الجداول التالية قيم كا2 لتكرارات استجابة السادة المتخصصين في مجال الجراحة العامة للبنود الخاصة باستبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة (المنفذة).

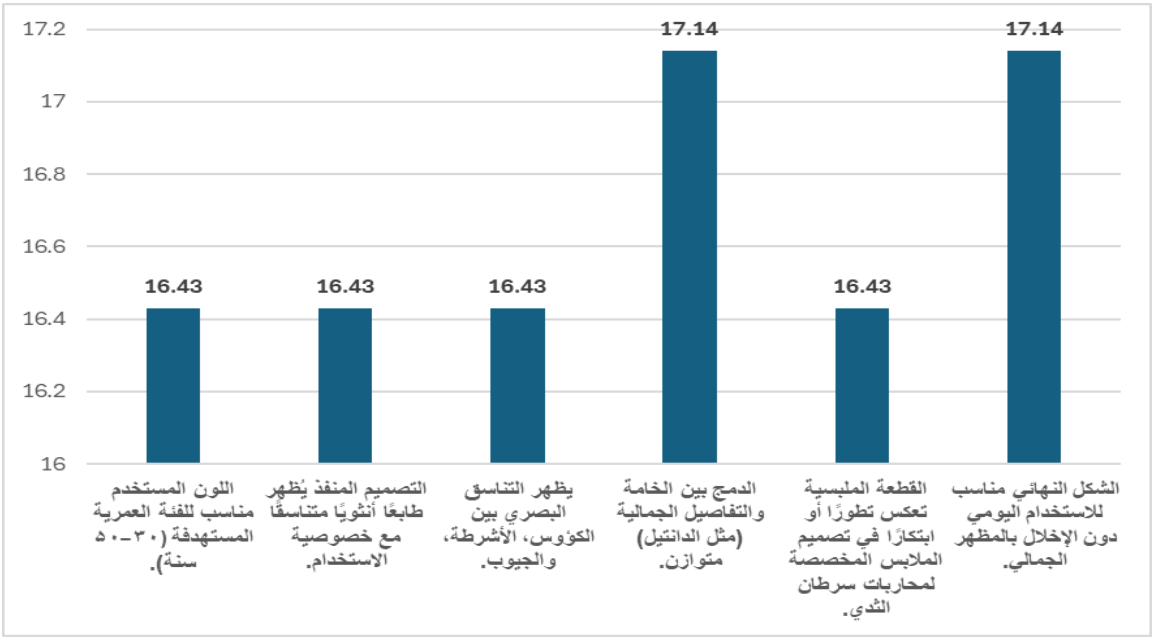
جدول (18) قيم كا2 لتكرارات استجابة السادة المتخصصين في مجال الجراحة العامة للبنود الخاصة باستبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة وفقا للجانب الجمالي ن= 5

العبارة	موافق بشدة		موافق		موافق لحد ما		غير موافق		غير موافق بشدة		كا2	الوزن النسبي	الترتيب
	العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	%			
1	3	60	2	40	-	-	-	-	-	-	8.00	16.43	2
											0.092		
2	3	60	2	40	-	-	-	-	-	-	8.00	16.43	2
											0.092		
3	3	60	2	40	-	-	-	-	-	-	8.00	16.43	2
											0.092		
4	4	80	1	20	-	-	-	-	-	-	*12.00	17.14	1
											0.017		
5	3	60	2	40	-	-	-	-	-	-	8.00	16.43	2
											0.092		
6	4	80	1	20	-	-	-	-	-	-	*12.00	17.14	1
											0.017		

** مستوى الدلالة 0.05 – درجة الحرية 4*

يتضح من الجدول السابق أن نتائج تحليل استجابات السادة المتخصصين في مجال الجراحة العامة على استبانة تقييم تصميم حمالة الصدر الداعمة لما بعد الجراحة المنفذة وفقًا للجانب الجمالي قد أظهرت مستوى مرتفعًا من الاتفاق على جميع العبارات، حيث جاءت عبارتا "الدمج بين الخامة والتفاصيل الجمالية (مثل الدانتيل) متوازن" و"الشكل النهائي مناسب للاستخدام اليومي دون الإخلال بالمظهر الجمالي" في الترتيب الأول بوزن نسبي بلغ (١٧,١٤)، مما يشير إلى تقدير المتخصصين لنجاح التصميم في تحقيق التوازن بين الجوانب الجمالية ومتطلبات الاستخدام اليومي بعد الجراحة.

كما جاءت عبارات "اللون المستخدم مناسب للفئة العمرية المستهدفة (30–50 سنة)"، و"التصميم المنفذ يُظهر طابعًا أنثويًا متناسقًا مع خصوصية الاستخدام"، و"يظهر التناسق البصري بين الكؤوس، الأشرطة، والجيوب"، و"القطعة الملبسية تعكس تطورًا أو ابتكارًا في تصميم الملابس المخصصة لمحاربات سرطان الثدي" في الترتيب الثاني بوزن نسبي متقارب بلغ (١٦,٤٣)، مما يعكس اتفاقًا واضحًا من المتخصصين على ملاءمة التصميم جماليًا من حيث اللون، والطابع الأنثوي، والتناسق البصري، والبعد الابتكاري. ويؤكد هذا التوزيع العام للأوزان النسبية تقويمًا إيجابيًا للتصميم المنفذ من منظور جراحي، مع تقارب واضح في مستويات التقدير بين مختلف الجوانب الجمالية. والشكل التالي يوضح ذلك:



شكل (6) الوزن النسبي لعبارات استبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة وفقا للجانب الجمالي

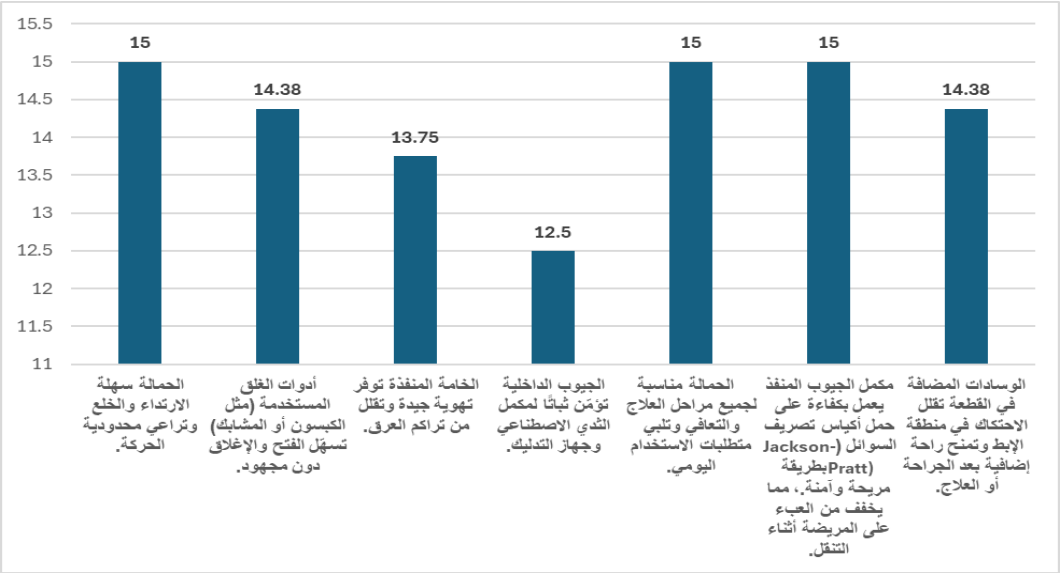
جدول (19) قيم كا2 لتكرارات استجابة السادة المتخصصين في مجال الجراحة العامة للبنود الخاصة باستبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة وفقا للجانب الوظيفي ن= 5

العبارة	موافق بشدة		موافق		موافق لحد ما		غير موافق		غير موافق بشدة		كا2	الوزن النسبي	الترتيب
	العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	%			
1	4	80	1	20	-	-	-	-	-	-	12.00 0.017	15.00	1
2	3	60	2	40	-	-	-	-	-	-	8.00 0.092	14.38	2
3	2	40	3	60	-	-	-	-	-	-	8.00 0.092	13.75	3
4	1	20	3	60	1	20	-	-	-	-	6.00 0.199	12.50	4
5	4	80	1	20	-	-	-	-	-	-	*12.00 0.017	15.00	1
6	4	80	1	20	-	-	-	-	-	-	*12.00 0.017	15.00	1
7	4	80	-	-	1	20	-	-	-	-	*12.00 0.017	14.38	2

* مستوى الدلالة 0.05 – درجة الحرية 4

يتضح من الجدول السابق أن نتائج تحليل استجابات السادة المتخصصين في مجال الجراحة العامة على استبانة تقييم تصميم حمالة الصدر الداعمة لما بعد الجراحة المنفذة وفقًا للجانب الوظيفي قد أظهرت تباينًا نسبيًا في مستويات الاتفاق على العبارات المختلفة. حيث جاءت عبارات "الحمالة سهلة الارتداء والخلع وتراعي محدودية الحركة"، و"الحمالة مناسبة لجميع مراحل العلاج والتعافي وتلبي متطلبات الاستخدام اليومي، وتؤكد هذه النتيجة ما توصلت إليه دراسة (Aliona, 2024)، التي أشارت إلى أن تلبية هذه المتطلبات يجب أن تكون أولوية في تصميم حمالة الصدر، بحيث تتيح تكيفها مع جميع الاحتياجات الملبسية للسيدات خلال فترة العلاج وبعد التعافي. أما "مكمل الجيوب المنفذ يعمل بكفاءة على حمل أكياس تصريف السوائل (Jackson-Pratt) بطريقة مريحة وآمنة" في الترتيب الأول بوزن نسبي بلغ (١٥,٠٠)، مما يعكس اتفاق المتخصصين على أهمية هذه الجوانب الوظيفية الأساسية المرتبطة براحة المريضة وسهولة الاستخدام بعد الجراحة.

كما جاءت عبارتا "أدوات الغلق المستخدمة تسهّل الفتح والإغلاق دون مجهود"، وبناءً على نتائج دراسة (Gho, 2014)، تبين أن أداة الغلق من نوع الشنكار صعبة الاستخدام نسبيًا على مصابات سرطان الثدي، مما يبرز الحاجة لاستبدالها بخيار أسهل مثل الحابكة المنزلقة. وقد تم تطبيق هذا التحسين في هذه الحمالة لتفادي هذه المشكلة الملبسية، و"الوسادات المضافة في القطعة تقلل الاحتكاك في منطقة الإبط وتمنح راحة إضافية بعد الجراحة أو العلاج" في الترتيب الثاني بوزن نسبي بلغ (١٤,٣٨) كما اتت نتائج دراسة (Medeiros& Soares,2020) تأكيدا على أن الوسادة توفر الراحة الفسيولوجية والسيكولوجية من خلال المساعدة على تعافي وتخفف من الألم أو الخدر في منطقة الابط أو الوذمة اللمفية، وهو ما يشير إلى تقدير المتخصصين لدور هذه العناصر في دعم الراحة الوظيفية، مع وجود مجال محدود للتحسين. وجاءت عبارة "الخامة المنفذة توفر تهوية جيدة وتقلل من تراكم العرق" في الترتيب الثالث بوزن نسبي (١٣,٧٥)، ووفقا لما ذكره (Gho,2014) تم استخدام قماش الخيزران نظرا لمزاياه مثل تنظيم الحراري ويرجع ذلك لقدرته بامتصاص الرطوبة ونفاذية عالية للماء مما يمنح هذه الميزة وأيضا يتمتع بتهوية جيدة ولديه مقاومة طبيعية ضد البكتيريا وحماية فوق الشمس وهذه المزايا تلاءم احتياجات مريضات سرطان الثدي، تلتها عبارة "الجيوب الداخلية تؤمّن ثباتًا لمكمل الثدي الاصطناعي وجهاز التدليك" في الترتيب الرابع بوزن نسبي (١٢,٥٠)، مما يعكس تباينًا نسبيًا في تقييم هذه الجوانب الوظيفية مقارنة ببقية العبارات. وبوجه عام، تشير النتائج إلى تقويم إيجابي للتصميم المنفذ من منظور جراحي وظيفي، مع إبراز أولويات واضحة تتعلق بسهولة الاستخدام، ودعم ما بعد الجراحة، وتقليل العبء الحركي على المريضة:



شكل (7) الوزن النسبي لعبارات استبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة وفقا للجانب الوظيفي

الفرض السادس: ينص الفرض على أنه "توجد فروق دالة احصائيا بين تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة وفقا لآراء عينة الدراسة".

للتحقق من صحة الفرض إحصائيًا تم استخدام كا2، وتوضح الجداول التالية قيم كا2 لتكرارات استجابة عينة الدراسة للبنود الخاصة باستبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة.

جدول (20) قيم كا2 لتكرارات استجابة عينة الدراسة للبنود الخاصة باستبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة وفقا للجانب الجمالي ن= 15

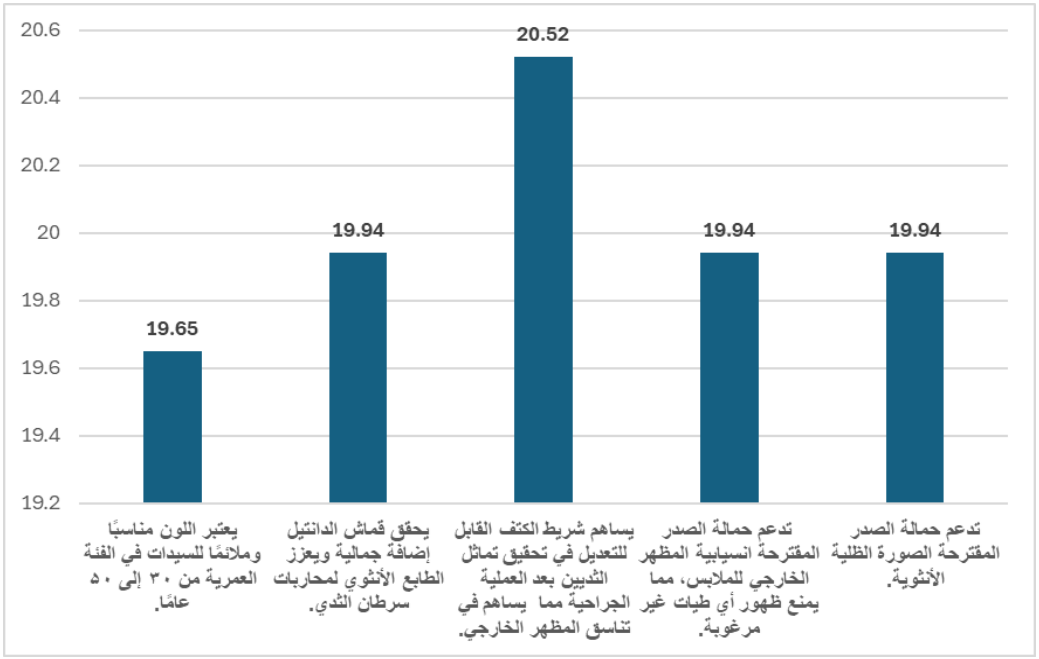
العبارة	موافق بشدة		موافق		موافق لحد ما		غير موافق		غير موافق بشدة		كا2	الوزن النسبي	الترتيب
	العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	%			
1	10	66.7	3	20	2	13.3	-	-	-	-	*22.667 <0,001	19.65	3
2	10	66.7	4	26.7	1	6.7	-	-	-	-	*24.000 <0,001	19.94	2
3	11	73.3	4	26.7	-	-	-	-	-	-	*30.667 <0,001	20.52	1
4	10	66.7	4	26.7	1	6.7	-	-	-	-	*24.000 <0,001	19.94	2
5	10	66.7	4	26.7	1	6.7	-	-	-	-	*24.000 <0,001	19.94	2

** مستوى الدلالة 0.05 – درجة الحرية 4*

يتضح من الجدول السابق أن تقييم عينة الدراسة لتصميم حمالة الصدر الداعمة لما بعد الجراحة وفقًا للجانب الجمالي قد أظهر ارتفاعًا ملحوظًا في درجات القبول، حيث جاءت العبارة "يساهم شريط الكتف القابل للتعديل في تحقيق تماثل الثديين بعد العملية الجراحية مما يساهم في تناسق المظهر الخارجي" في الترتيب الأول بوزن نسبي بلغ (٢٠,٥٢)، مما يعكس إدراك أفراد العينة لأهمية الدور الجمالي الوظيفي لشريط الكتف في تحسين المظهر العام بعد الجراحة.

وجاءت العبارات "يحقق قماش الدانتيل إضافة جمالية ويعزز الطابع الأنثوي لمحاربات سرطان الثدي"، و"تدعم حمالة الصدر المقترحة انسيابية المظهر الخارجي للملابس، مما يمنع ظهور أي طيات غير مرغوبة"، و"تدعم حمالة الصدر المقترحة الصورة الظلية الأنثوية" في الترتيب الثاني بأوزان نسبية متقاربة بلغت (١٩,٩٤)، وهو ما يدل على اتفاق عينة الدراسة على تحقق الجوانب الجمالية المرتبطة بالأنوثة والانسيابية والتناسق البصري في التصميم المقترح.

في حين جاءت العبارة "يعتبر اللون مناسبًا وملائمًا للسيدات في الفئة العمرية من ٣٠ إلى ٥٠ عامًا" في الترتيب الثالث بوزن نسبي قدره (١٩,٦٥)، مما يشير إلى رضا عام عن اختيار اللون، وإن كان بدرجة أقل نسبيًا مقارنة ببقية العناصر الجمالية. وتشير قيم كا^2 إلى وجود فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى ($\alpha \leq$ ٠,٠٥)، حيث جاءت جميع القيم دالة، وهو ما يؤكد اتفاق عينة الدراسة على توافر الجوانب الجمالية في تصميم حمالة الصدر المنفذة بدرجة مرتفعة. كما بالشكل التالي:



شكل (8) الوزن النسبي لعبارات استبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة وفقا للجانب الجمالي

جدول (21) قيم كا2 لتكرارات استجابة عينة الدراسة للبنود الخاصة باستبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة وفقا للجانب الوظيفي ن= 15

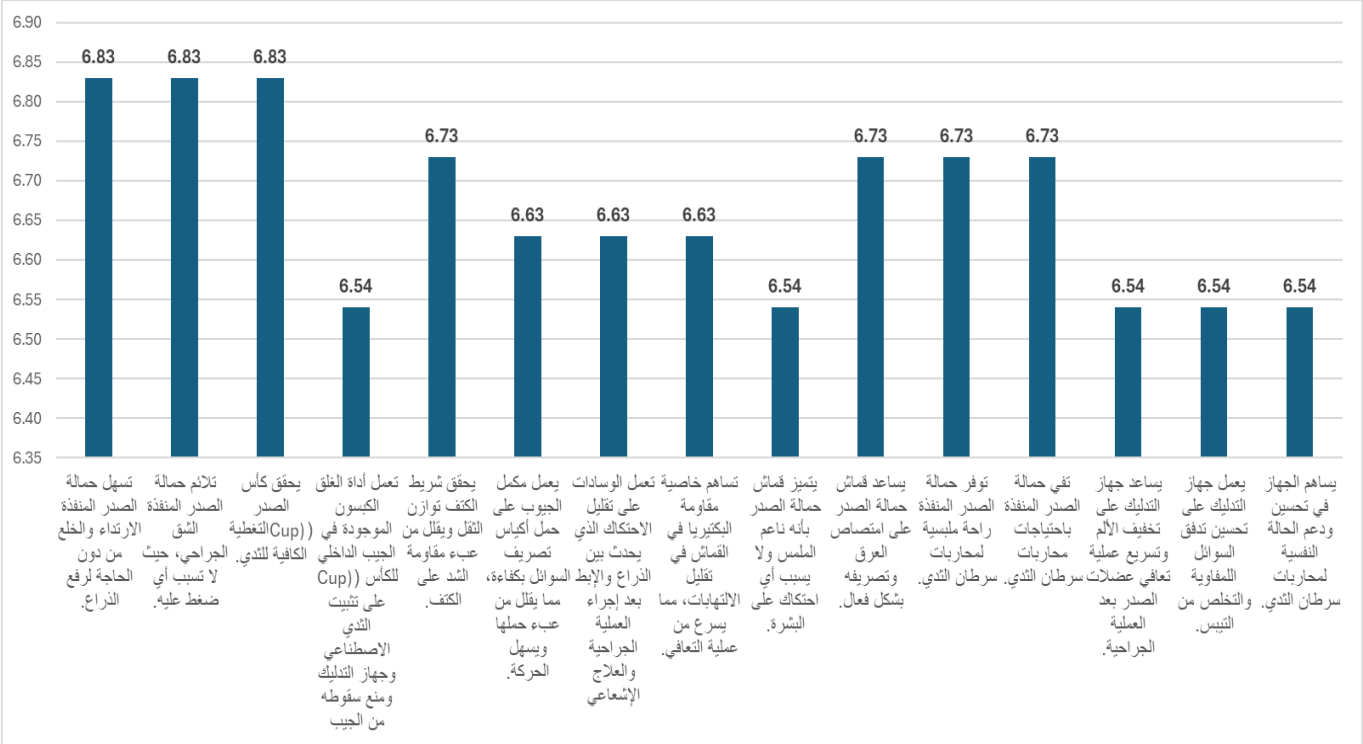
العبارة	موافق بشدة		موافق		موافق لحد ما		غير موافق		غير موافق بشدة		كا2	الوزن النسبي	الترتيب
	العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	%			
1	11	73.3	3	20	1	6.7	-	-	-	-	*28.667	6.83	1
											<0,001		
2	11	73.3	3	20	1	6.7	-	-	-	-	*28.667	6.83	1
											<0,001		
3	10	66.7	5	33.3	-	-	-	-	-	-	*26.667	6.83	1
											<0,001		
4	10	66.7	2	13.3	3	20	-	-	-	-	*22.667	6.54	4
											<0,001		
5	10	66.7	4	26.7	1	6.7	-	-	-	-	*24.000	6.73	2
											<0,001		
6	10	66.7	3	20	2	13.3	-	-	-	-	*22.667	6.63	3
											<0,001		
7	10	66.7	3	20	2	13.3	-	-	-	-	*22.667	6.63	3
											<0,001		
8	10	66.7	3	20	2	13.3	-	-	-	-	*22.667	6.63	3
											<0,001		
9	8	53.3	6	40	1	6.7	-	-	-	-	*18.667	6.54	4
											<0,001		
10	10	66.7	4	26.7	1	6.7	-	-	-	-	*24.000	6.73	2
											<0,001		
11	10	66.7	4	26.7	1	6.7	-	-	-	-	*24.000	6.73	2
											<0,001		
12	10	66.7	4	26.7	1	6.7	-	-	-	-	*24.000	6.73	2
											<0,001		
13	10	66.7	2	13.3	3	20	-	-	-	-	*22.667	6.54	4
											<0,001		
14	10	66.7	2	13.3	3	20	-	-	-	-	*22.667	6.54	4
											<0,001		
15	10	66.7	2	13.3	3	20	-	-	-	-	*22.667	6.54	4
											<0,001		

** مستوى الدلالة 0.05 – درجة الحرية 4*

يتضح من الجدول السابق أن تقييم عينة الدراسة لتصميم حمالة الصدر الداعمة لما بعد الجراحة وفقًا للجانب الوظيفي قد أظهر مستوى مرتفعًا من القبول والاتفاق، حيث جاءت في الترتيب الأول كل من العبارات: "تسهل حمالة الصدر المنفذة الارتداء والخلع من دون الحاجة لرفع الذراع"، و"تلائم حمالة الصدر المنفذة الشق الجراحي، حيث لا تسبب أي ضغط عليه"، و"يحقق كأس الصدر (Cup) التغطية الكافية للثدي" بأعلى وزن نسبي بلغ (٦,٨٣) تؤكد الدراسات (Leung, 2017) و (Wroblewski, MacGillivray, Cheng, 2020) على أهمية حجم الكأس والتغطية الكاملة للثدي في حمالة الصدر، حيث يسهم ذلك في تغطية الثدي الاصطناعي بشكل مناسب، تقليل التهيج الناتج عن الاحتكاك، وتوفير الدعم للثدي غير المتناسق في الشكل والحجم، مما يعكس أهمية هذه الجوانب الوظيفية الأساسية في تلبية احتياجات محاربات سرطان الثدي بعد الجراحة.

جاءت في الترتيب الثاني العبارات المرتبطة بتوازن الحمل والراحة العامة، وهي: "يحقق شريط الكتف توازن الثقل ويقلل من عبء مقاومة الشد على الكتف ووفقًا لما أشارت إليه دراسة (Ermin & Şen Kılıç, 2025)، فإن أشرطة الكتف الضيقة تسبب تركيز الضغط في مناطق محددة ويؤدي توزيع الثقل غير المتساوي على الكتف إلى أعباء صحية مستقبلية. وقد أكدت دراسة (Kim & Koo, 2024) هذه النتيجة أيضًا، و"يساعد قماش حمالة الصدر على امتصاص العرق وتصريفه بشكل فعال"، و"توفر حمالة الصدر المنفذة راحة ملبسية لمحاربات سرطان الثدي"، و"تفي حمالة الصدر المنفذة باحتياجات محاربات سرطان الثدي" بأوزان نسبية متقاربة بلغت (٦,٧٣)، مما يدل على اتفاق واضح حول كفاءة التصميم في تحقيق الراحة والدعم الوظيفي اليومي.

في حين جاءت في الترتيب الثالث العبارات المتعلقة بتقليل الاحتكاك، ودعم تصريف السوائل، ومقاومة البكتيريا، بنسب وزن بلغت (٦,٦٣)، بينما حلت العبارات المرتبطة بتثبيت المكملات وجهاز التدليك وبعض الجوانب النفسية في الترتيب الرابع بوزن نسبي (٦,٥٤)، كما أوصت دراستان (Madaan, 2023) و (LaBat, Ryan, Sanden-Will, 2017) بضرورة دعم الثدي الاصطناعي وتثبيته لضمان ثباته ومنع سقوطه، فقامت الباحثة بتزويد الجيب الداخلي بالكأس بأداة غلق الكبسون لتثبيته بشكل آمن، وعند الإشارة إلى جهاز التدليك، تم إدخال حلول ذكية في حمالة الصدر، وهو تجسيد لما نادت به دراسة (Aliona, 2024) حول إضافة وظائف ذكية لحمالة الصدر، بما يسهم في تسريع عملية الشفاء للواتي خضعن لعملية استئصال الثدي. وتشير قيم كا^2 إلى وجود فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى ($\alpha \leq ٠,٠٥$)، حيث جاءت جميع القيم دالة، مما يؤكد اتفاق عينة الدراسة على فاعلية التصميم المنفذ في تحقيق المتطلبات الوظيفية لحمالة الصدر الداعمة لما بعد الجراحة بدرجة مرتفعة. والشكل التالي يوضح ذلك:



شكل (9) الوزن النسبي لعبارات استبانة تقييم تصميم حمالة صدر داعمة لما بعد الجراحة المنفذة وفقا للجانب الوظيفي

المراجع العربية

- إسماعيل، رمضان محمد محمد. (2023). الاضطرابات النفسية وعلاقتها بالطمأنينة النفسية وأساليب مواجهة الضغوط لدى مريضات سرطان الثدي. مجلة الإرشاد النفسي، ع75 ، 1-69)
- العتيبي، إيمان محمد شارع. (2023). مستوى التوافق النفسي لدى عينة من المصابات بسرطان الثدي بمنطقة الرياض وعلاقته بتقدير الذات. مجلة العلوم التربوية والنفسية، مج7 , ع29، 65-88.
- عبد السلام، إنجي صبري. (2018). توظيف عناصر تصميم الأزياء لتحقيق المتطلبات الوظيفية لملابس المرأة الحامل في ضوء تفضيلاتها الملبسية. مجلة التصميم الدولية، الجمعية العلمية للمصممين، مج 8، ع 3، 85 – 101.
- ابراهيم، هبه االله مسعد محمد سليم، وسحاحيري، عهود بنت محمد بن عمر. (2021). التصميم الذكي ودوره في استحداث حلي لذوي الاحتياجات الخاصة، مجلة التصميم الدولية، مج 11، ع5، 81- 93.

REFERENCES

[1] Kim, Y. J., Koo, D. S., Nam, Y. J., Seo, K. S., Lee, E. S., Noh, D. Y., & Cho, K. J. (2019). Survey of brassiere related clothing tendency for mastectomy patients. *The Korean Fashion and Textile Research Journal*, *21*(6), 800-812.

[2] Ding, J., Guo, Y., Li, Q., Chen, J., Hu, P., Liu, Q., ... & Wu, J. (2018). The incidence of postoperative radiotherapy-induced acute dermatitis in breast cancer and its influencing factors for Chinese women. *OncoTargets and therapy*, 1665-1670.

[3] Raru, E. A., Florea-Burduja, E., Farîmă, D., & Irovan, M. (2021). Development of a collection of models of post-operative textile products intended for post-mastectomy women. In Technical Textiles-Present and Future (pp. 27-31).

[4] Sieradzki, A. (2020). Breast dressing: A critical review of post-surgical bras (master's thesis, City University of New York, New York, united state). retrieved from "Breast Dressing: A Critical Review of Post-Surgical Bras" by Adi Sieradzki.

[5] Kim, Y. J., & Koo, D. (2024). Enhancing bra design for post-mastectomy patients: Incorporating MRI data and innovative textiles for optimal support and comfort. Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 19, 15589250241241752.

[6] Liu, Y. T., Khan, N. H., Nicklaus, K. M., Moix, M. K. B., Liu, C., Reece, G. P., ... & Markey, M. K. (2024). Undergarment Needs and Challenges for Breast Cancer Survivors: A Qualitative Study. Research Square, rs-3.

[7] Mollica, M.A., McWhirter, G., Tonorezos, E. et al. Developing national cancer survivorship standards to inform quality of care in the United States using a consensus approach. J Cancer Surviv 18, 1190–1199 (2024).

[8] American Cancer Society. (2012). ISDH Indiana Cancer Consortium. Indiana Cancer Facts and Figures.

[9] Bolaji, J. T., & Dolez, P. I. (2022). Supportive, Fitted, and Comfortable Bras for Individuals with Atypical Breast Shape/Size: Review of the Challenges and Proposed Roadmap. Textiles, 2(4), 560-578. https://doi.org/10.3390/textiles2040032

[10] Zhou, J., Yu, W., & Ng, S. P. (2013). Identifying effective design features of commercial sports bras. Textile Research Journal, 83(14), 1500-1513.
[11] Gho, S. A. (2014). Building better bras for women treated for breast cancer. (Doctor of Philosophy thesis, University of Wollongong, Northfields Ave, Wollongong NSW, Australia) Retrieved from http://ro.uow.edu.au/theses/4051
[12] Mishra, R., Behera, B. K., & Pada Pal, B. (2012). Novelty of bamboo fabric. Journal of the Textile Institute, 103(3), 320-329.
[13] Madaan, A. & Tullio Pow, S., (2025) A Design Analysis of Bras and Prostheses for Breast Cancer Survivors, International Textile and Apparel Association Annual Conference Proceedings 81(1). doi: https://doi.org/10.31274/itaa.18769
[14] Fingeret, M. C., Teo, I., & Epner, D. E. (2014). Managing body image difficulties of adult cancer patients: lessons from available research. Cancer, 120(5), 633–641. https://doi.org/10.1002/cncr.28469
[15] Leung, T. F. (2017). Mastectomy bra and prosthesis design innovation for Hong Kong mastectomy patients (Master's thesis, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong). retrieved from PolyU Electronic Theses: Mastectomy bra and prosthesis design innovation for Hong Kong mastectomy patients
[16] Madaan, A. (2023). Need Analysis of Bras and Prostheses for Breast Cancer Survivors (Doctoral dissertation, Toronto Metropolitan University). Retrieved from https://rshare.library.torontomu.ca/articles/thesis/Need_Analysis_of_Bras_and_Prostheses_for_Breast_Cancer_Survivors/26871487
[17] McGhee, D. E., Mikilewicz, K. L., & Steele, J. R. (2020). Effect of external breast prosthesis mass on bra strap loading and discomfort in women with a unilateral mastectomy. Clinical biomechanics (Bristol, Avon), 73, 86–91. https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2019.12.027
[18] Chen, C. M., LaBat, K., & Bye, E. (2010). Physical characteristics related to bra fit. Ergonomics, 53(4), 514-524
[19] LaBat, K. L., Ryan, K. S., & Sanden-Will, S. (2017). Breast cancer survivors' wearable product needs and wants: a challenge to designers. International Journal of Fashion Design, Technology and Education, 10(3), 308-319.
[20] Ermin, G., & Şen Kılıç, A. (2025). Design and Evaluation of Mastectomy Bras Using 3D Virtual Prototyping. Applied Sciences, 15(4), 1788. https://doi.org/10.3390/app15041788
[21] Aliona, R. A. R. U. PRODUSE TEXTILE FUNCȚIONAL-ADAPTATIVE POST-OPERATORII (Doctoral Thesis The "Gheorghe Asachi" Technical University of Iasi, Iasi, Romania).
[22] Medeiros, A.S. and Soares, S.C. (2020) 'The use of therapeutic cushion in the post-operative of mastectomy', International Journal of Advanced Engineering Research and Science, 7(10), pp. 286–293. doi:10.22161/ijaers.710.31
[23] Wroblewski, S. M., MacGillivray, M. S., & Cheng, C. I. (2020). Bra preferences of breast cancer survivors treated with mastectomy and prosthetic reconstruction. International Journal of Fashion Design, Technology and Education, 13(1), 31-44.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 715-728
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Analyse des pratiques post-récoltes: Cas du stockage et de la conservation de la tomate (*Solanum lycopersicum)* et de l'oignon (*Allium cepa* L.*),* dans le département de Guinguinéo (Kaolack, Sénégal)

[Analysis of post-harvest practices: A case study of storage and preservation of tomato (*Solanum lycopersicum*) and onion (*Allium cepa* L.) in the Department of Guinguineo (Kaolack, Senegal)]

Ndeye Maguette Ndiaye[1], Awa Ba[2], and Gorgui Yerim Kane[3]

[1]Sciences Agronomiques, Université Alioune DIOP, Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale, Bambey, Senegal

[2]Agroéconomie, Université Alioune DIOP, Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale, Bambey, Senegal

[3]Horticulture, Ministère de l'Agriculture de la Souveraineté Alimentaire et de l'élevage, Dakar, Senegal

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

ABSTRACT: Reducing post-harvest losses of tomatoes and onions remains crucial for income and food security in the Guinguineo department. The objective of this study is to analyze the effectiveness of storage and preservation practices to maintain the freshness of the produce. A survey was conducted among stakeholders regarding existing storage and preservation techniques in the area. Two batches were studied for each crop: one harvested using compost and the other harvested using chemical methods. For each batch, two preservation methods were tested: the traditional method (the existing method) and a new, improved approach to determine which could be recommended to stakeholders.
The results showed that for tomatoes, after 20 days, the improved method for composted tomatoes preserved 25 fruits compared to 18 for the traditional method. For chemically treated tomatoes, the improved method preserved 33 fruits compared to 23 for the traditional method. Regarding onions, after 3 months, production under compost combined with the improved method plus ash shows the lowest weight loss (0.11 kg). For chemical production, storage in perforated bags is the most efficient with a loss of 0.38 kg.

KEYWORDS: Spéculation**,** compost production**,** chemical production**,** peasant method**,** improved method.

RESUME: La réduction des pertes post-récolte de la tomate et de l'oignon reste cruciale aussi bien pour le revenu des producteurs que pour l'autosuffisance dans le département de Guinguinéo. L'objectif de cette étude est d'analyser l'efficacité des pratiques de stockage et de conservation pour permettre aux produits de garder leur état de fraîcheur. Une enquête a été réalisée auprès de trois acteurs: les exploitations maraîchères, les commerçants détaillants et les consommateurs, sur les techniques de stockage et conservation existant dans la zone. Deux (2) lots ont été étudiés pour chaque spéculation, l'un avec une récolte issue de la production sous compost et, l'autre, d'une récolte issue d'une production avec engrais chimique. Pour chaque lot, deux méthodes de conservation ont été testées: l'une appelée méthode paysanne, autrement dit l'existante et l'autre consistant en une nouvelle approche appelée méthode améliorée pour voir laquelle pourrait être recommandée aux acteurs.
Les résultats ont montré que, pour la tomate, après 20 jours de conservation, la production sous compost avec méthode améliorée préserve (25) fruits contre (18) pour la méthode paysanne. Pour la production sous engrais chimique, la méthode améliorée conserve (33) fruits contre (23) pour la méthode paysanne. Concernant l'oignon, après 3 mois de conservation, la

production sous compost, associée à la méthode améliorée plus cendre, enregistre les plus faibles pertes de poids (0.11) kg. Pour la production sous engrais chimique, le stockage en sac perforé est le plus performant avec (0.38) kg de perte.

MOTS-CLEFS: Spéculation**,** Production sous compost**,** Production sous engrais chimique Méthode Paysanne**,** Méthode Améliorée**.**

1 INTRODUCTION

L'agriculture est un secteur clé dans le développement des pays. Elle permet de prendre en charge une population de plus en plus croissante, notamment dans les pays du Sud. Cette croissance obligerait également l'humanité à augmenter sa production alimentaire de 60%, d'ici l'année 2050, par rapport à 2007 [1]. En Afrique, le maraîchage est d'une importance capitale pour la sécurité alimentaire des populations, du fait de son rôle dans l'approvisionnement des villes en produits agricoles frais et sa contribution à la lutte contre le chômage [2]. Il occupe une place centrale dans l'économie sénégalaise, contribuant à la sécurité alimentaire, à la création d'emplois et à l'amélioration des revenus des ménages. « La référence [3] affirment que le maraîchage contribue à près de 30 % des revenus agricoles du pays, jouant un rôle crucial dans l'économie nationale et dans la lutte contre la pauvreté rurale ». Selon [4], la production des légumes est passée de 1 269 880 tonnes, en 2022, à 1 274 750 tonnes, en 2023 soit une hausse de 4870 tonnes. Toutefois, pour que le maraîchage puisse jouer pleinement ce rôle attendu, il est important de renforcer la productivité, poursuivre les efforts consentis dans la structuration des filières et dans la mise en place d'infrastructures de stockage et de conservation, d'améliorer le conditionnement, mais aussi et surtout d'innover dans le segment de la commercialisation [5].

L'oignon fait partie des légumes qui présentent des vertus sur les plans alimentaire et nutritionnel d'après [6], [7] et [8]. Les bulbes sont appréciés par les consommateurs et représentent un élément essentiel pour de nombreux condiments et sauces africains [9]. Sa conservation reste, cependant, un problème majeur pour les acteurs de la filière.

Le stockage traditionnel demeure une pratique assez risquée, qui peut entraîner la perte de plus de 50 % du stock en moins de 3 mois [10]. Pour la tomate, en dehors de ses caractéristiques nutritionnelles, elle reste une culture fortement périssable, occasionnant des pertes post-récolte dues à sa forte teneur en eau (85 %-95 %) [11] et [12]. Les pertes post-récolte enregistrées dans cette filière tournent autour de 49 % à raison de 28 % lors du transport et du stockage, 16 % pendant la commercialisation et 5 % au cours de la transformation [13].

La présente étude a été menée dans le but d'expérimenter et de proposer aux acteurs des filières tomate et oignon du département de Guinguinéo, des techniques de conservation adaptées au contexte départemental marqué par l'absence d'infrastructures de stockage. Il est alors nécessaire de faire le diagnostic des méthodes de conservation post-récolte rencontrées au niveau départemental. C'est dans ce cadre que nous avons analysé les pratiques de conservation post-récolte de la tomate et de l'oignon, afin de déceler les contraintes liées aux modes de conservation et d'en proposer.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 ZONE D'ETUDE

Le département de Guinguinéo, issu du découpage administratif de 2008 (loi n°2008-14 du 18 mars 2008), est situé au Nord-Est de la région de Kaolack. Il s'étend sur une superficie de 1 166 $km^{2,}$ soit environ 22 % du territoire régional, ce qui en fait le troisième département de la région [14]. Il est limité:

- À l'Ouest, et au Sud par le département de Kaolack;
- À l'Est, par le département de Mbirkilane (région de Kaffrine) et
- Au Nord, par le département de Gossas (région de Fatick).

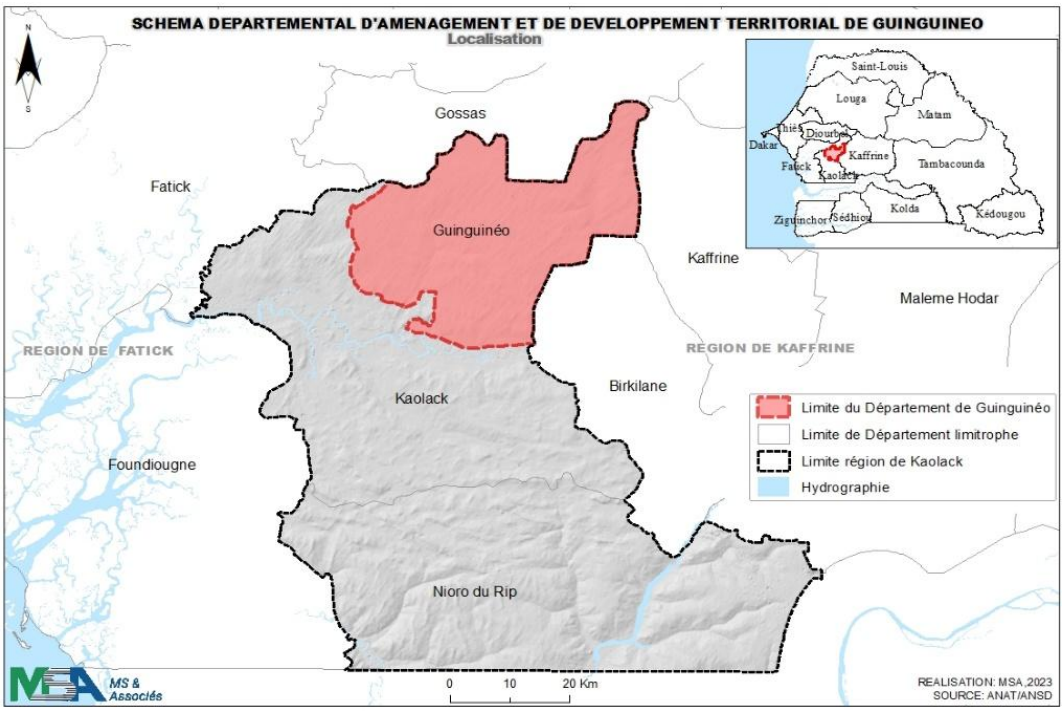


Fig. 1. Situation géographique de la zone d'étude (Source: (Anat)

2.2 MATÉRIEL

Les variétés sont: la tomate « sumoufray » (locale) et l'oignon « violet de galmi », très cultivées dans le département. Pour l'outil de traitement et d'analyse des données, nous avons utilisé Microsoft Excel 2011. Les fruits et les bulbes ont été récoltés sur deux parcelles différentes: l'une exploitée avec du compost et, l'autre, avec de l'engrais chimique à savoir l'urée, le NPK (10-10-20). Du sable et du cendre ont été utilisés comme substrat pour conserver les oignons.

Fig. 2. Variété locale de tomate Sumoufray et d'oignon violet de galmi

2.3 METHODES

La recherche bibliographique a constitué la première étape de cette étude. Elle visait à établir un cadre théorique solide, en identifiant et analysant les travaux scientifiques pertinents relatifs aux méthodes de stockage et de conservation de la tomate et de l'oignon.

Les fruits de tomate et les bulbes d'oignon ont été récoltés dans deux parcelles expérimentales, tout en essayant de conserver les pédoncules des tomates. Cinq (5) kilogrammes (kg) de fruits murs, fermes et saints ont été récoltés pour chaque lot de tomates (compost et chimique). Pour l'oignon, l'expérience a été testée avec un (1) sac d'oignon de vingt-cinq (25) kg pour chaque culture (compost et chimique).

Des triages sont encore effectués pour prélever 50 fruits qui seront destinés à la conservation, mais aussi pour un remplissage optimal de notre canari. Après cette étape, des vérifications sont effectuées tous les trois (3) jours, pour la tomate, en vue d'écarter les fruits altérés et, tous les quinze (15) jours pour l'oignon dans le but de vérifier s'il y a des bulbes pourris ou qui ont germé et, dans ce cas, les enlever.

Deux méthodes de conservation ont été étudiés: la méthode paysanne (MP) et la méthode améliorée (MA) sur les deux catégories de récoltes. Les récoltes ont été stockées dans un endroit disposant d'aération, avec les mêmes méthodes de conservation pour chaque spéculation et chaque lot. Chaque jour, la température et l'humidité sont prélevées pour une durée de 20 jours, pour la tomate, et de 90 jours, pour l'oignon.

Des enquêtes de terrain ont aussi été effectuées dans le but d'approfondir la compréhension des pratiques de production, de stockage, de conservation de la tomate et de l'oignon ainsi qu'à identifier les facteurs influençant ces pratiques. Cette phase a impliqué la collecte de données qualitatives à l'aide de questionnaires structurées et de guide d'entretien.

3 RÉSULTATS

3.1 ANALYSE POST-RÉCOLTE DE LA TOMATE

La période de conservation de la tomate a commencé le 23 juillet 2025 et s'est terminée le 11 août 2025 soit 20 jours de conservation, qui a rendu le produit impropre à la consommation, cause du processus de décomposition très avancé.

3.1.1 ANALYSE POST-RÉCOLTE DE LA TOMATE ISSUE DE LA PRODUCTION SOUS COMPOST (PSC) CONSERVÉE DE MANIÈRE PAYSANNE ET AMÉLIORÉE

A la date du 23 juillet 2025, deux lots de 50 fruits de tomate ont été conservés et les pertes ont été observées. Ainsi:

- Le 25 juillet: une baisse modérée de six (6) fruits pour le lot de tomate issus de la MP et trois (3) fruits pour les tomates issues de la MA.
- Le 30 juillet: une baisse de dix-neuf (19) fruits de ceux issues de la MP et dix (10) fruits sont notés pour la MA.
- Le 04 août: une autre baisse est encore notée, allant de de 24 fruits à 19 fruits pour celle MP et 36 fruits à 29 fruits avec la MA.

En somme une perte de 64% est notée pour les tomates issues de la méthode de conservation paysanne avec production sous compost et 50% de perte issu de la méthode de conservation améliorée toujours sous compost.

Durant la période de conservation, la température ambiante a oscillé entre 28.3°C et 31.9°C et, l'humidité, a varié entre 51% à 65%.

La tomate est très riche en eau environ 93% - 95% d'après l'Institut de Technologie Alimentaire recueillie, lors des enquêtes, ce qui contribue à l'accélération de l'altération des fruits, lors de la conservation.

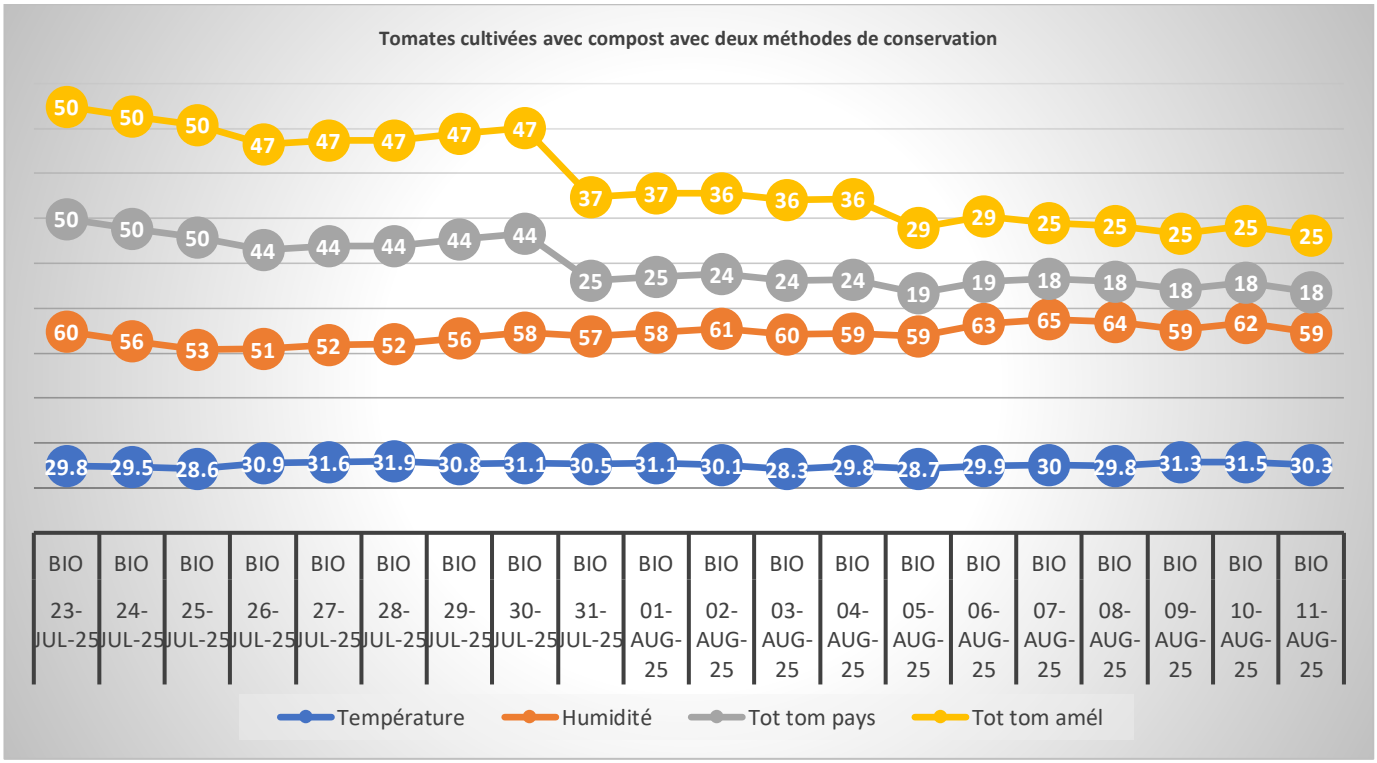


Fig. 3. Evolution du nombre total de tomates, sur 20 jours de conservation

Fig. 4. Méthode paysanne (MP) début et fin conservation

Fig. 5. Processus expérimental méthode améliorée (MA)

3.1.2 Analyse Post-Récolte De La Tomate Issue De La Production Sous Fertilisation Chimique (Pc)

A la date du 23 juillet 2025 deux autres lots de 50 fruits issus de la culture avec fertilisation chimique ont été conservés avec le même procédé que le premier.

- Le 29 juillet: baisse de sept (7) fruits pour le lot de tomates issus de la MP et huit (8) fruits pour les tomates issues de la MA
- Le 02 août: une baisse de 14 fruits pour ceux issues de la MP et 03 fruits pour la MA.
- Le 07 août: une baisse allant de de vingt-sept (27) à vingt-trois (23) pour celle paysanne et trente-sept (37) fruits à trente-trois (33) est notée avec la MA.

Durant la période de conservation la température a oscillé entre 28.3°C et 31.9°C et l'humidité entre 51% à 65%.

En 20 jours de conservation, une perte de 54 % est noté dans le lot issu de méthode de conservation paysanne, et 34 % dans celui issu de la méthode de conservation améliorée.

Les produits issus de la culture sous compost se comporte mieux que ceux issus de la production avec engrais chimique lors de la conservation.

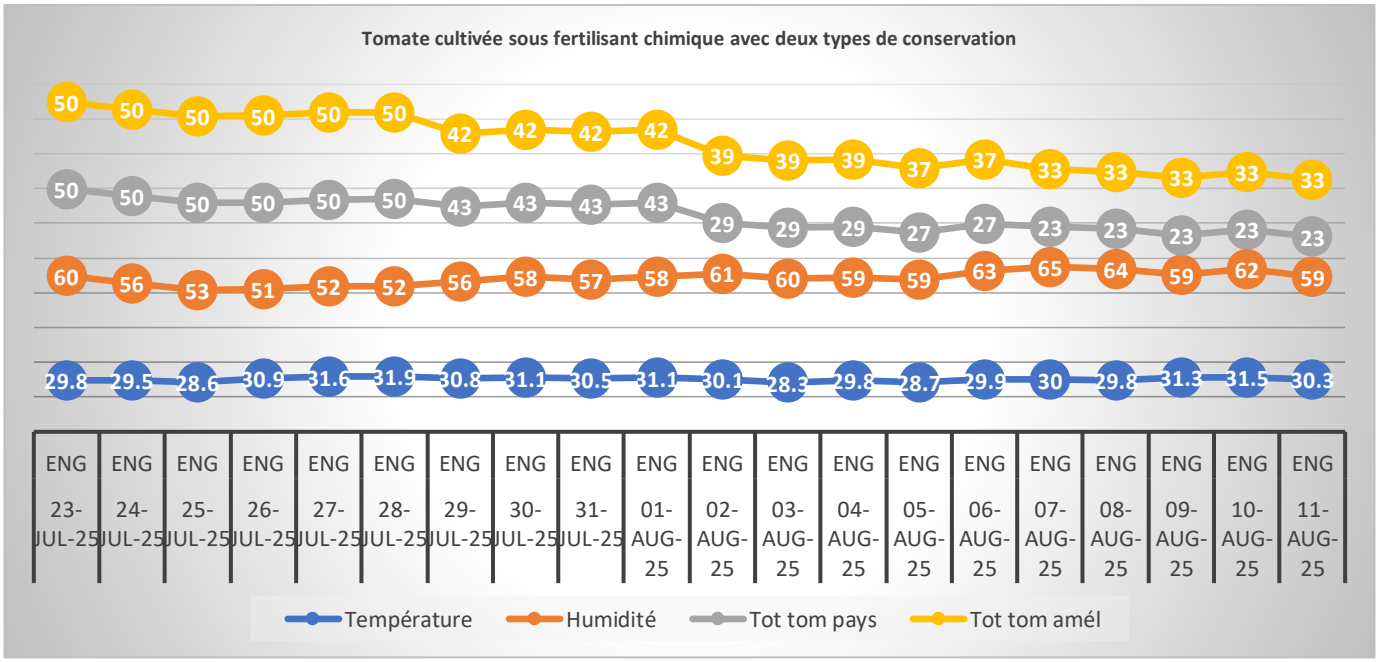


Fig. 6. Variation des fruits de tomates issues de la MP et de la MA

3.2 ANALYSE POST-RÉCOLTE DE L'OIGNON

3.2.1 ANALYSE POST-RÉCOLTE DE L'OIGNON ISSU DE LA PRODUCTION SOUS COMPOST (PSC)

Pour l'oignon, la période de conservation a débuté le 9 mai 2025 et s'est terminée le 9 août 2025. Après les 3 mois de conservation, les oignons sont restés intacts, sans pourriture ni germination, 2 mois après la conservation.

3.2.1.1 ANALYSE POST-RÉCOLTE DE L'OIGNON SUSPENDU DANS UN SAC PERFORÉ

L'analyse du diagramme de la figure 8 met en évidence la variation du poids de l'oignon tout au long des trois (3) mois de conservation. Des prélèvements de la température et de l'humidité sont effectués chaque jour durant toute la durée de conservation quatre-vingt-dix jours (90) jours. Une diminution du poids (0.93 à 0.78 kg) soit 0.15 kg est notée. La conservation de l'oignon est fortement influencée par les conditions thermo- hygrométriques, d'où la température tournait autour de 28.1°C à 32.8°C et, l'humidité, de 36% à 65%.

Fig. 7. Sacs perforés suspendus à 2 mètres du sol

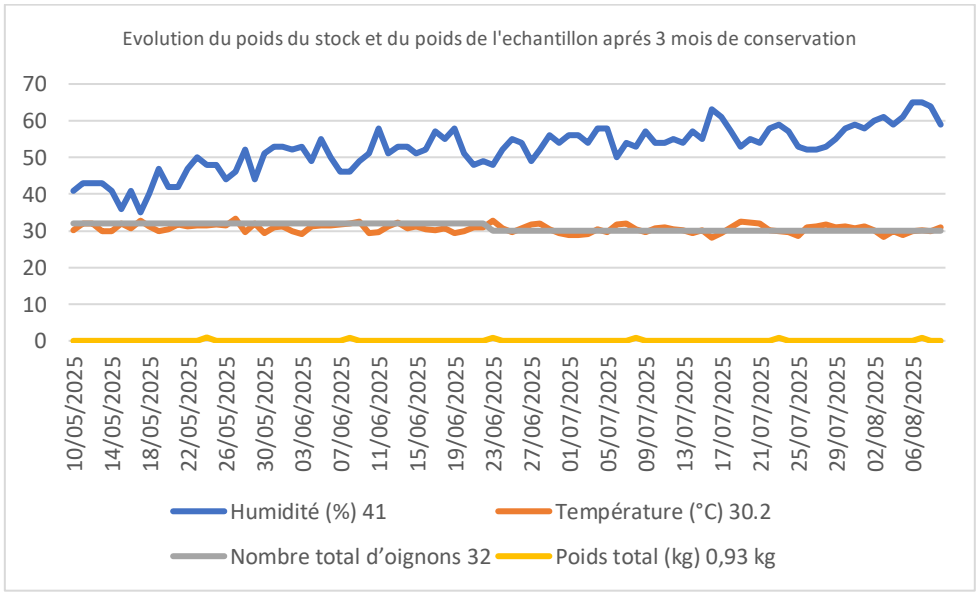


Fig. 8. Variation du poids de l'échantillon en sac issu de la PSC

3.2.1.2 ANALYSE POST-RÉCOLTE DE L'OIGNON ÉTALÉ SUR DU SABLE

L'analyse du diagramme de la figure 10 montre la variation du poids de l'oignon étalé sur du sable, pour la conservation. La température et l'humidité sont prélevés durant 90 jours. Le poids a diminué, passant de 1.15 kg à 1.01 kg soit 0.14 kg. La température variait de 28°C à 32.7°C et, l'humidité, de 35% à 65%.

Fig. 9. Oignon étalé sur du sable disposé sur un support en carton

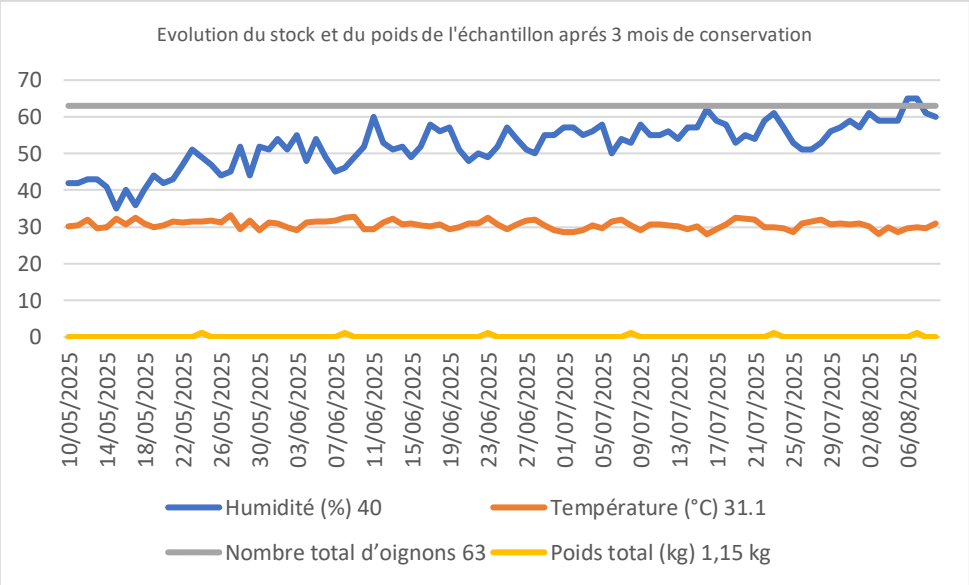


Fig. 10. Variation du poids de l'échantillon étalé sur sable issu de la PSC

3.2.1.3 ANALYSE POST-RÉCOLTE DE L'OIGNON ÉTALÉ SUR DU SABLE MÉLANGÉ AVEC DU CENDRE

Ce diagramme montre la variation du poids de l'oignon étalé sur du sable mélangé avec de la cendre. La température et l'humidité ont été prises tous les jours durant 90 jours. Le poids a diminué de 0.11 kg passant de 1.1 kg à 0.99 kg. La température est de minimum 28 °C et maximum 32.7°C et, l'humidité, de 35% à 65%.

Fig. 11. Oignon étalé sur du sable mélangé a du cendre et saupoudré de cendre

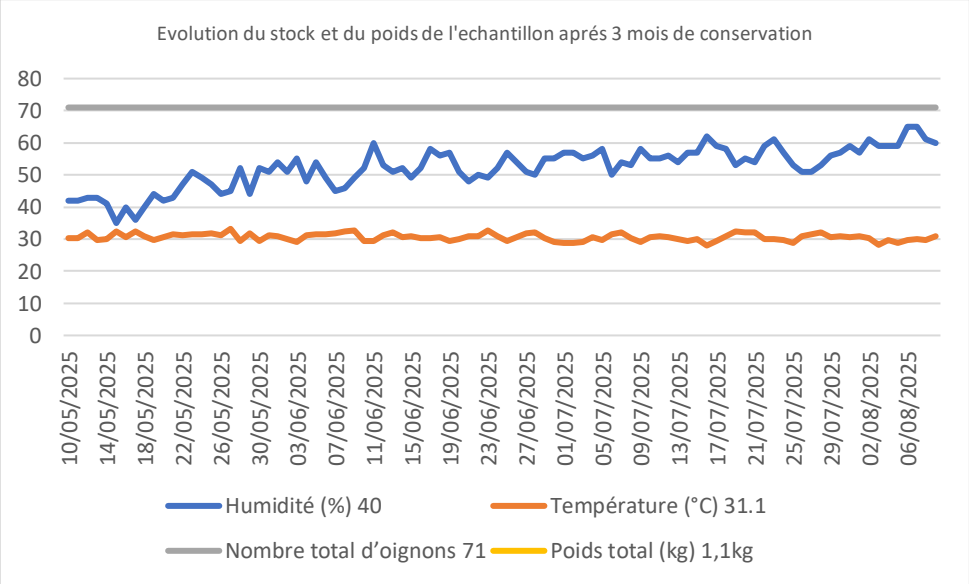


Fig. 12. Variation du poids de l'échantillon étalé sur sable + cendre issue de la PSC

3.2.2 ANALYSE POST-RÉCOLTE DE L'OIGNON ISSU DE LA PRODUCTION SOUS FERTILISATION CHIMIQUE

La période de conservation a commencé le 5 juillet et s'est terminée le 5 octobre 2025. Un décalage est noté entre les dates de conservation dû à une récolte tardive, car fallait que les bulbes issus de production avec engrais chimique soient au même stade physiologique que celles issues de la production sous compost. Les calibres issus de ces récoltes étaient un peu supérieurs aux calibres de la récolte avec compost due certainement à l'apport de l'urée et du NPK. Des pourritures et germination sont observés durant la période de conservation pour les oignons issus de la culture avec engrais chimique.

3.2.2.1 ANALYSE POST-RÉCOLTE DE L'OIGNON SUSPENDU DANS UN SAC PERFORÉ

La figure 13 montre la variation du poids de l'oignon mis dans un sac perforé suspendu. La température minimale était de 27.3 °C et celle maximale 32.4 °C; l'humidité tournait autour de 50 % - 74 %. L'échantillon à la date du 5 juillet 2025 était de 15 bulbes. Quatre-vingt-dix jours après conservation, le décompte final a donné 13 bulbes (86.67%) à la date du 5 octobre 2025. Le poids de l'échantillon est passé de 1.3 kg en début de conservation à 0.92 kg soit une baisse de 0.38 kg trois (3) mois après.

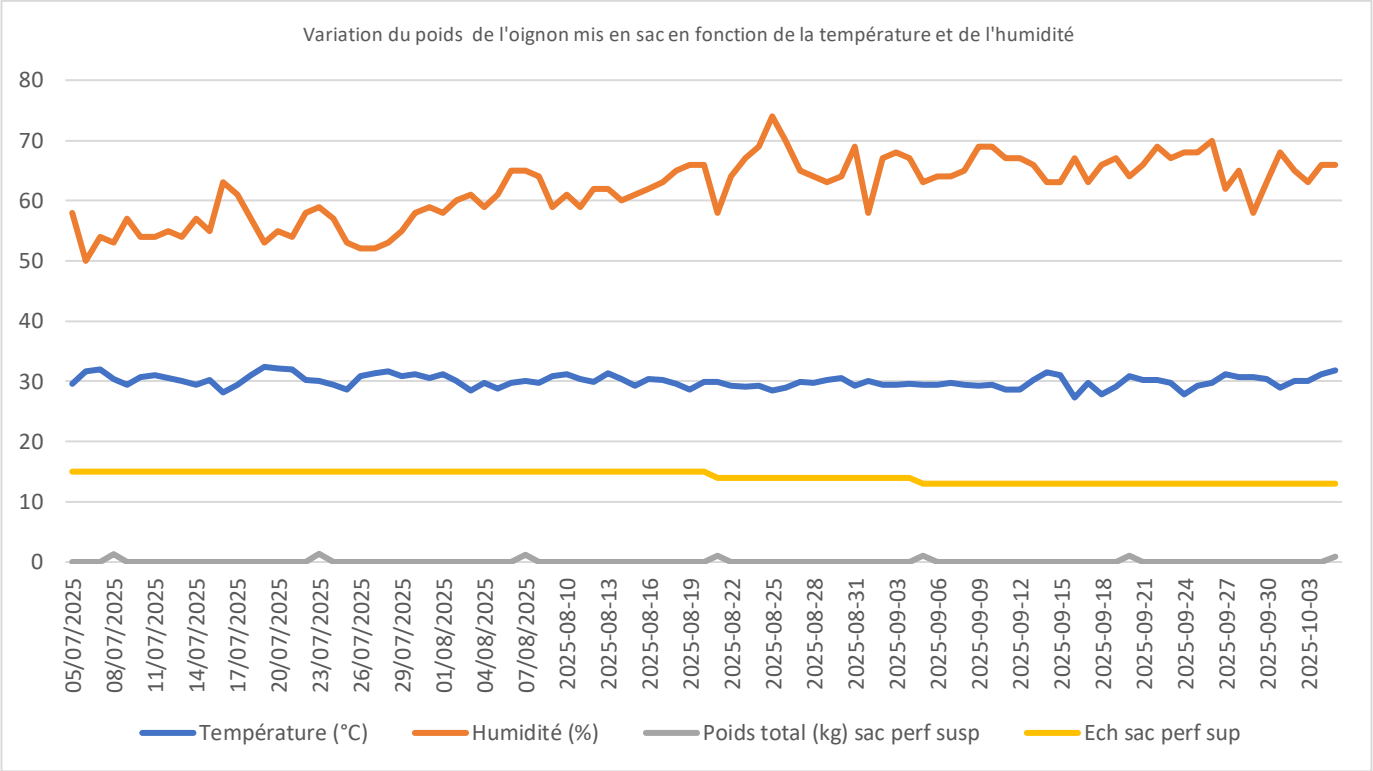


Fig. 13. Variation du poids de l'échantillon mise en sac issue de la Production sous fertilisation chimique

3.2.2.2 Analyse Post-Récolte De L'oignon Stratifié Sur Sable

L'analyse des figures 14 et 15 ci-après montre également la variation du poids de l'oignon déposé en couches sur du sable. La température était de minimum 28 °C et maximum 32.4 °C et, l'humidité, tournait autour de 50 % - 74 %. L'échantillon à la date du 5 juillet 2025 était de même que celui présenté ci-dessus, de 15 bulbes. Trois (3) mois après conservation, y'a eu une altération et germination de quelques bulbes six (6), ce qui a entrainé des pertes passant de 15 à 9 bulbes soit 40% de pertes. Le poids de l'échantillon a aussi chuté allant de 1.43 kg à 0.63 kg soit 0.8 kg en fin d'expérimentation.

Fig. 14. Oignons germés et pourris

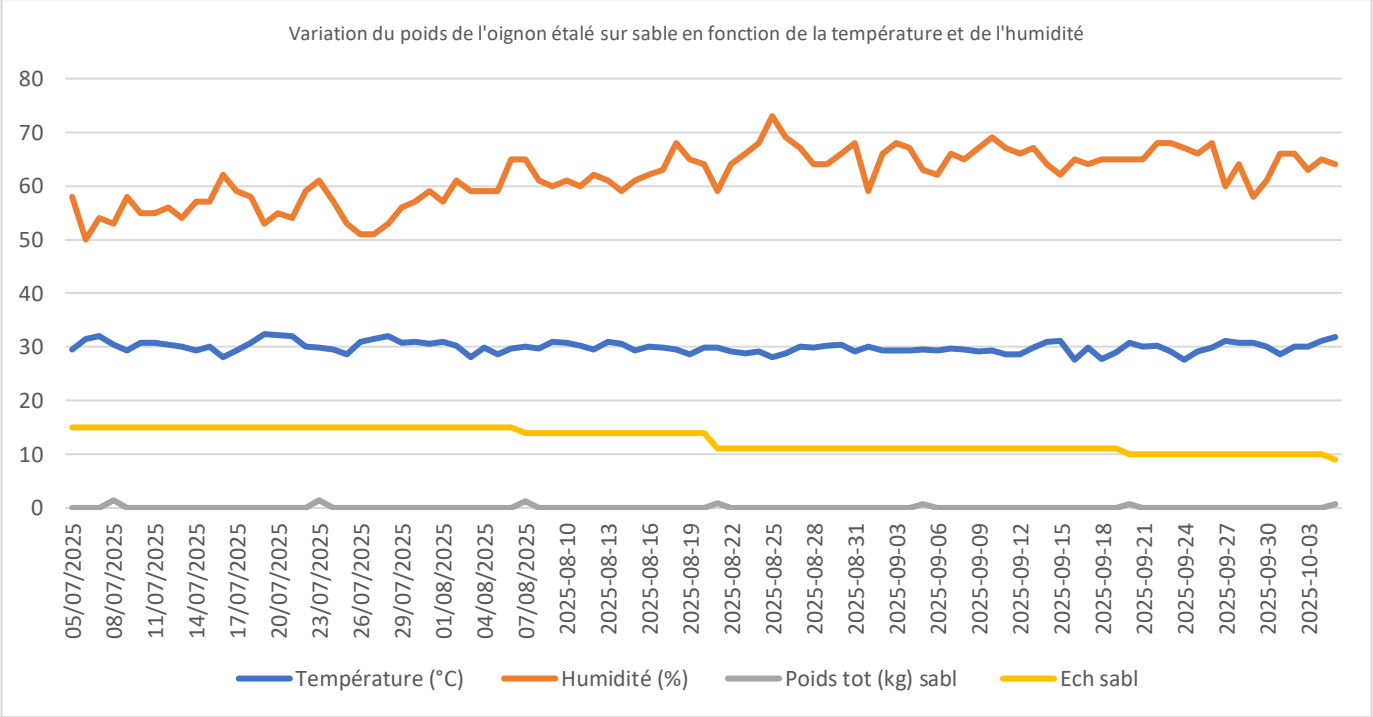


Fig. 15. Variation du poids de l'échantillon étalé sur sable issue de la Production sous fertilisation chimique

3.2.2.3 ANALYSE POST-RÉCOLTE DE L'OIGNON STRATIFIÉ SUE SABLE MÉLANGÉ AVEC DE LA CENDRE

Les résultats de l'analyse de la figure 16 ont montré également la variation du poids de l'oignon déposé en couches sur du sable mélangé avec du cendre et saupoudré sur les bulbes. La température oscille entre 28 °C et 32.4 °C et l'humidité entre 50 % - 74 %. L'échantillon à la date du 5 juillet 2025 était de même que celui-ci dessus de 15 bulbes. Trois (3) mois après conservation, une altération des bulbes est notée ce qui fait baisser l'échantillon passant de 15 à 10 bulbes soit 33.33 % de pertes. Le poids de l'échantillon a baissé, passant de 1.59 kg à 0.91 kg soit 0.68 kg perdu.

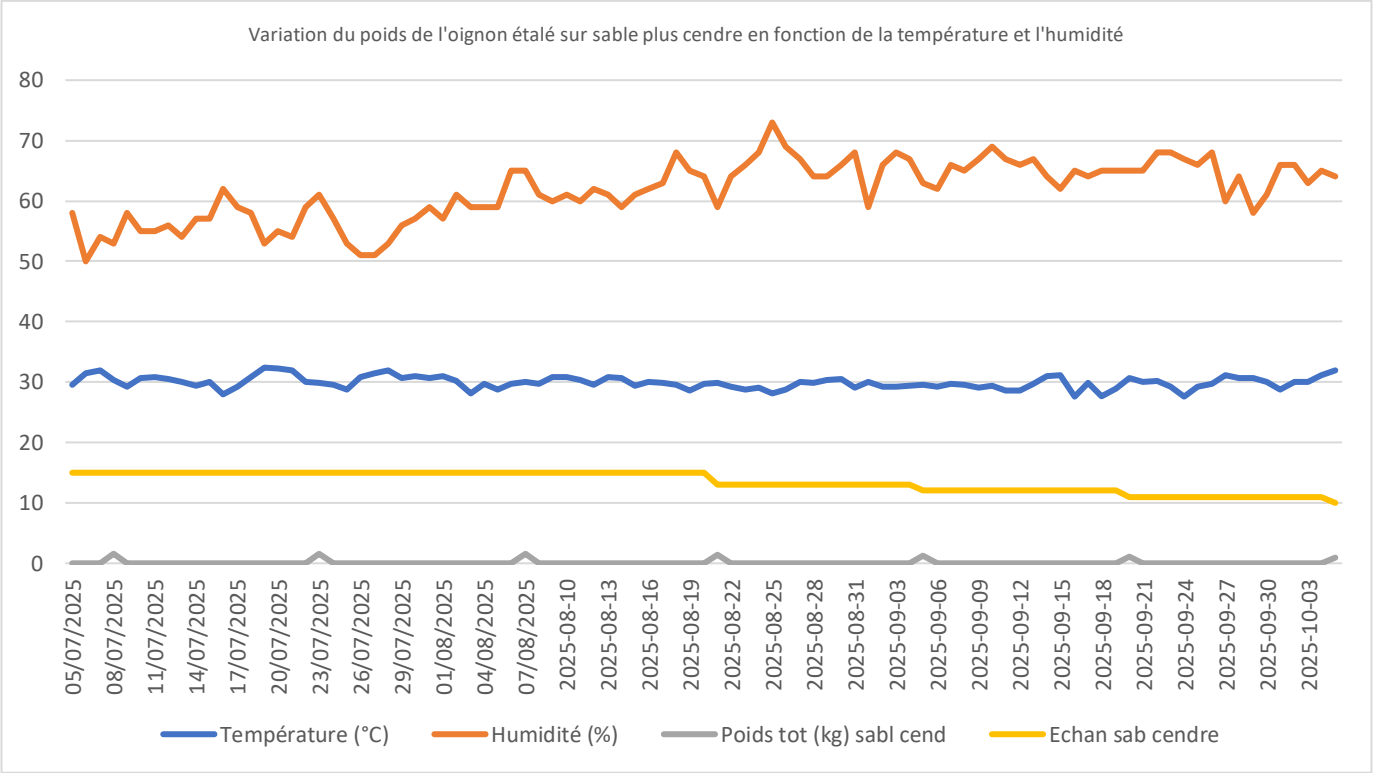


Fig. 16. Variation du poids de l'échantillon étalé sur sable issu de la production avec engrais chimique

Tableau 1. Données thermo-hygrométriques du stockage et de la conservation de la tomate et de l'oignon

Spéculation	T(°C). min. comp	T(°C). max. comp	Hté (%). min. comp	Hté (%). max. comp	T(°C). min. eng. chim	T(°C). max. eng. chim	Hté (%). min. eng. chim	Hté (%). max. eng. chim
Tomate prod comp conservé avec MP et MA	28.3	31.9	51	65	28.3	31.9	51	65
Tomate prod eng chim conservé avec MP et MA	28.3	31.9	51	65	28.3	31.9	51	65
Oignon org mise en sac	28.1	32.8	36	65	27.3	32.4	50	74
Oignon org étalé sur sable	28	32.7	35	65	28	32.4	50	74
Oignon org étalé sur sable + cendre	28	32.7	35	65	28	32.4	50	74

Org: organique; T.min.comp: temperature minimale avec compost; T.max.comp: temperature maximale avec compost; Hté.min. comp: humidité minimale avec compost; Hté.ma. compx: humidité maximale avec compost; T. min. eng chim: temperature minimale avec engrais chimique eng chim; T. max.eng. chim: temperature ùaximale avec engrais chimique; Hté. Min.eng. chim: humidité minimale avec engrais chimique; Hté. Max. eng. Chim: humidité maximale avec engrais chimique; tomate prod comp conservé avec MP et MA: tomate produite sous compost et conservée avec la méthode paysanne et méthode améliorée; tomate prod eng chim conservé avec MP et MA: tomate produite avec engrais chimique conservée avec méthode paysanne et méthode améliorée.

4 DISCUSSION

Cette étude a mis en exergue la méthode de conservation de deux produits maraîchers de grande consommation, au Sénégal, à savoir la tomate et l'oignon. La zone d'étude est située en milieu rural caractérisée par l'absence d'infrastructures

modernes. Les résultats obtenus confirment ceux de [15] pour qui la forte teneur en eau de la tomate constitue le premier facteur de détérioration. Certains producteurs utilisent l'engrais chimique pour les cultures de tomates, or que cette utilisation participe à l'altération rapide des produits. La tomate cultivée avec l'engrais organique (fiente de volailles, le terreau et le compost), se conserve plus que celle cultivée avec l'engrais chimiques que ce soit le Npk ou l'Urée.

La méthode de conservation, la température et l'humidité jouent un rôle essential sur l'état de fraîcheur des fruits de la tomate. Nos tendances sont en phase avec ceux de [15] qui confirment que des facteurs comme la variété, la méthode de conservation et la température de stockage influencent significativement la vitesse de détérioration de la tomate.

La mise en place d'un système de stockage amélioré et expérimenté en milieu paysan (au Nord-Cameroun), a permis de réduire les pertes à moins de 10 % sur une durée de six (6) mois de stockage [10]. Ces observations sont deux fois supérieures aux nôtres, obtenues lors de notre expérimentation sur la conservation des oignons en utilisant le sable mélangé à de la cendre et saupoudré de cendre. Même si trois (3) mois après conservation, les bulbes sont restés intacts, sans pouriture ni germination 2 mois de plus.

En ce qui concerne la technique de conservation sur sable, le procédé consiste à étaler les bulbes d'oignon sur le sable de telle sorte qu'ils soient aérés et ne se touchent pas. Ceci nous a permis de conserver les oignons cultivés avec du compost en trois mois. Nos résultats corroborent en une partie ceux de [10] qui stipulent que la pratique de conservation la plus courante consiste à étaler les oignons sur le sol préalablement recouvert d'une couche de sable de 20 cm d'épaisseur.

Pour ce qui est de l'épaisseur des bulbes, il a été observé que les oignons issus de la culture chimique présentent un calibre supérieur aux bulbes issus de la culture organique. Des résultats similaires ont été obtenus avec [16], [17] et [18], argumentant l'effet des engrais chimiques comme l'azote sur le diamètre des bulbes. En effet, le calibre des bulbes d'oignon obtenu sous culture chimique augmente avec l'augmentation de la dose d'azote dans les traitements.

Des pertes (germination et pourriture) ont été remarquées, avec les bulbes d'oignons issus de la conservation chimique. Ces résultats rejoignent ceux de [19] qui démontrent que les fortes doses azotées réduisent le taux de matière sèche, limitant la durée de conservation des bulbes, après récolte. Nos observations s'alignent sur celles de [20] qui affirment que les oignons produits avec une concentration en azote perdent leur aptitude à la conservation et noircissent dès que les températures s'élèvent. Ils vont dans le même sens que ceux de [19] pour qui la conservation des bulbes d'oignon est affectée par les excès d'azote du fait d'entrée en germination plus précoce, d'une augmentation des pourritures en conservation et d'une baisse de fermeté des bulbes.

5 CONCLUSION

Les résultats ont montré une différence significative entre les techniques de conservation de tomate et d'oignon. L'étude révèle que la méthode améliorée des spéculations (tomate et oignon) issues de la culture sous compost abaissent la perte de tomates à 50 % contre 64 % pour la méthode paysanne. Pour les oignons, le stockage sur sable mélangé à la cendre a diminué la perte de poids, tandis que la production issue de la méthode chimique suspendue a permis un taux de survie de 86.67 % après 90 jours.

REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leur gratitude à l'ensemble des producteurs maraîchers, aux commerçants détaillants, aux consommateurs, ainsi qu'aux acteurs techniques, notamment le Service Départemental du Développement Rural (SDDR), l'Agence Nationale du Conseil Agricole et Rural (ANCAR), l'Institut de Technologie Alimentaire (ITA) et l'entreprise JAMATECH, pour leur disponibilité et leur précieuse collaboration dans le partage des données. Ils adressent également leurs remerciements au stagiaire et agents Gorgui Yerim KANE, Diouma SENE, Abdoulaye SOW, Bocar NDIAYE, Ibrahima BA, El Hadji Djimé CISSOKHO et Mor Talla LO pour leurs contributions à la collecte des données de terrain.

REFERENCES

[1] FAO, Agriculture mondiale à l'horizon 2050: Défis et perspectives, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Rapport technique, 2013. [En ligne]. Disponible sur: www.fao.org.

[2] T. Dongmo, J. Gockowski, S. Hernandez, L. D. K. Awono, et R. M. Moudon, « L'agriculture périurbaine à Yaoundé: Ses rapports avec la réduction de la pauvreté et le développement économique », *Tropicultura,* vol. 23, no. 3, pp. 130–135, 2005.

[3] M. Sarr et I. Ndiaye, «Contribution du secteur maraîcher à l'économie sénégalaise», *Revue des Sciences Économiques,* vol. 15, no. 1, pp. 23–34, 2020.
[4] DAPSA, Rapport de l'Enquête Agricole Annuelle (EAA) 2022-2023, Ministère de l'Agriculture, de la Souveraineté Alimentaire et de l'Élevage, République du Sénégal, Dakar, janv. 2024. [En ligne]. Disponible sur: www.dapsa.gouv.sn.
[5] MAER (Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement Rural), « Guide Shep: L'autonomisation des petits producteurs par un changement de comportement », Rapport technique, 2015.
[6] N. Mégroz et A. B. Asa, «L'oignon, bon au goût et à l'œil», *A la Loupe, Tabula,* no. 2, 4 p., 2000.
[7] F. Bianchini et H. Vainio, « Allium vegetables and organosulfur compounds: Do they help prevent cancer ? », *Environ Health Perspect,* vol. 109, no. 9, pp. 893-902, 2001. DOI: 10.1289/ehp.01109893.
[8] B. Speck et C. Fotsch, « Connaissance des herbes», *EGK-Caisse de Santé,* no. 4, 2008.
[9] G. Schmelzer et A. Gurib-Fakim, « Plantes médicinales 2», *Ressources végétales de l'Afrique tropicale (PROTA),* vol. 11, no. 1, 2013.
[10] T. Ferré, J. Doassem, H. Devautour, M. Thèze, et B. Bouba, « Colloques sur la valorisation des ressources locales: La conservation des oignons en milieu paysan », 1996.
[11] A. F. P. Houssou, Dansou, L. Ayi-Fanou, A. D. Abdelkerim, et G. A. Mensah, «Technologie de production simultanée de purée et du jus de tomate», *Int. J. Biol. Chem. Sci.,* vol. 9, no. 5, pp. 2468-2476, 2015. DOI: 10.4314/ijbcs. v9i5.31.
[12] C. B. R. Aisso, M. V. Aissi, K. F. Assogba, A. C. G. Mensah, et M. M. Soumanou, « Aptitude à la transformation en purée de quatre variétés améliorées de tomate introduites au Bénin », *Revue Internationale des Sciences Appliquées,* vol. 1, pp. 32-41, 2018.
[13] Post Harvest Network (PHN), Agriprofocus et ACMA, « État des lieux sommaires des pertes post récolte au niveau des filières tomate, ananas et pisciculture au Bénin«, Document de référence, 15 p., 2017.
[14] ANAT, Rapport sur l'organisation territoriale et le découpage administratif du département de Guinguinéo, Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire, Sénégal, 2023. [En ligne]. Disponible sur: https://anat.sn.
[15] M. S. P. Noukpouzounkou, A. Gougbe, K. Aboudou, C. Goudjinou, et M. M. Soumanou, « Connaissances endogènes et contraintes post-récoltes liées aux techniques de conservation des variétés de tomate produites au Sud-Bénin», *Afrique Science,* vol. 19, no. 6, pp. 45–58, 2021.
[16] Z. A. Habou, M. C. Ibrahim, et T. Adam, « Effet de l'azote sur l'aptitude à la conservation des bulbes d'oignon (Allium cepa L.)», *Int. J. Biol. Chem. Sci.,* vol. 9, no. 6, pp. 2889-2896, 2015. DOI: 10.4314/ijbcs. v9i6.33.
[17] S. Nasreen, M. M. Haque, M. A. Hossain, et A. T. M. Farid, « Nutrient uptake and yield of onion as influenced by nitrogen and sulphur fertilization», *Bangladesh J. Agric. Res.,* vol. 32, no. 3, pp. 413-420, 2007.
[18] R. L. Yadav, N. L. Sen, et B. L. Yadav, « Response of onion to nitrogen and potassium fertilization under semi-arid condition», *Indian J. Hort.,* vol. 60, no. 2, pp. 176-178, 2003.
[19] Claudine, M., Mbaye, A., Ndiaye, S., et Diouf, P., « Influence des engrais azotés sur le rendement et l'aptitude à la conservation de l'oignon (*Allium cepa* L.) », *Rapport de recherche technique,* Institut de Technologie Alimentaire (ITA), Dakar, Sénégal, 2013.
[20] M. Assane Dagna, « Les effets de la réappropriation de la culture du Violet de Galmi par les producteurs d'oignon de la région de Tahoua – NIGER«, Thèse de doctorat, Université de Toulouse, 281 p., 2006.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 729-733
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Les conséquences de l'intelligence artificielle sur le marché de l'emploi dans les secteurs informatiques

[The impact of artificial intelligence on the job market in the IT sector]

Maloba Kibango Lizziane[1], Ngongo Mbwese Majoie[2], Mukole Ngoie Jean[3], Makobo Ilunga Joel[4], and Kande Lwaba Cedrick[5]

[1]Departement des soins médicaux, Institut Supérieur Des Techniques Médicales, Lubumbashi, Haut-Katanga, RD Congo

[2]Departement Technique, Université Don Bosco, Lubumbashi, Haut-Katanga, RD Congo

[3]Departement Informatique, Université Phillip Lemon, Lubumbashi, Haut-Katanga, RD Congo

[4]Departement d'enseignement, Institut Supérieur Pédagogique, Kasenga, Pweto, RD Congo

[5]Departement Agropastorale, Institut Supérieur D'Etudes Agronomiques et Vétérinaire, Sandoa, Lualaba, RD Congo

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

ABSTRACT: Artificial intelligence (AI) is profoundly reshaping the IT job market by automating repetitive tasks and creating new specialized roles. Routine jobs face a decline, while demand grows for AI specialists, data scientists, cybersecurity experts, and AI ethicists. Existing roles, such as system administrators and web developers, are evolving into more strategic and creative positions, requiring skills in automation, data analysis, AI integration, and hybrid project management. Continuous training and adaptation are essential to remain competitive. Overall, AI does not eliminate IT jobs but transforms responsibilities, skill requirements, and workflows, presenting both challenges and opportunities for professionals in the field.

KEYWORDS: Artificial intelligence, automation, IT sector, machine learning, data science, cybersecurity, web development, continuous training, job transformation, digital skills.

RESUME: L'intelligence artificielle (IA) transforme profondément le marché de l'emploi dans les secteurs informatiques, à la fois en automatisant certaines tâches et en créant de nouvelles opportunités. Les emplois répétitifs ou routiniers sont de plus en plus automatisés, ce qui réduit la demande pour certaines fonctions d'entrée de gamme. En revanche, la croissance des systèmes d'IA génère une forte demande pour des profils spécialisés: ingénieurs en machine learning, data scientists, experts en cybersécurité et éthiciens de l'IA. Les métiers existants, tels que les administrateurs systèmes et les développeurs web, évoluent vers des rôles plus stratégiques et créatifs, nécessitant de nouvelles compétences en automatisation, analyse de données, intégration IA et gestion de projets hybrides. Les professionnels doivent donc se former continuellement pour rester compétitifs. En conclusion, l'IA ne supprime pas les emplois informatiques, mais transforme les missions, les compétences et les méthodes de travail, offrant à la fois des défis et des opportunités pour les acteurs du secteur.

MOTS-CLEFS: Intelligence artificielle, automatisation, informatique, machine learning, data science, cybersécurité, développement web, formation continue, transformation des emplois, compétences numériques.

1 INTRODUCTION

L'intelligence artificielle (IA) bouleverse de nombreux domaines professionnels, y compris l'informatique, qui est à la fois moteur et cible de cette révolution. Le développement de l'IA entraîne des transformations profondes dans les compétences requises, la structure des emplois et la façon dont les professionnels interagissent avec la technologie.

Elle est devenue un outil incontournable dans de nombreux secteurs, en particulier dans le domaine de l'informatique. Cependant, bien que l'IA apporte de nombreux avantages en termes d'efficacité et de productivité, elle a également des conséquences sur le marché de l'emploi dans les secteurs informatiques. Tout d'abord, l'IA a le potentiel de remplacer un certain nombre d'emplois dans les secteurs informatiques. En effet, les tâches répétitives et routinières peuvent être automatisées grâce à l'IA, ce qui entraîne une diminution de la demande pour les travailleurs effectuant ces tâches.

En outre, l'IA peut également modifier la nature des emplois existants dans les secteurs informatiques. Les travailleurs devront acquérir de nouvelles compétences pour collaborer efficacement avec les technologies d'IA. Cela peut nécessiter une formation supplémentaire et une adaptation constante aux évolutions technologiques. Les emplois nécessitant des compétences analytiques, de résolution de problèmes et de prise de décisions devraient être davantage valorisés dans un environnement où l'IA est omniprésente

2 DEFINITIONS

L'intelligence artificielle (IA) désigne un ensemble de techniques informatiques qui permettent à des machines (comme des ordinateurs ou des robots) d'imiter certaines capacités humaines, comme apprendre, raisonner, comprendre le langage, percevoir leur environnement ou prendre des décisions. Il existe deux grandes catégories:

A. IA faible (ou étroite): conçue pour accomplir une tâche spécifique (comme la reconnaissance faciale, la traduction automatique, ou jouer aux échecs).
B. IA forte (ou générale): une intelligence hypothétique capable de comprendre et d'apprendre n'importe quelle tâche intellectuelle humaine (elle n'existe pas encore aujourd'hui).

3 LES CONSEQUENCES DE L'IA

L'intelligence artificielle (IA) aura plusieurs conséquences majeures sur le marché de l'emploi dans les secteurs informatiques, à la fois positives et négatives:

3.1 CONSÉQUENCES POSITIVES

a. Création de nouveaux métiers: L'IA nécessite des compétences spécifiques en data science, machine learning, cybersécurité, éthique de l'IA, etc. Cela crée de nouveaux emplois spécialisés.
b. Automatisation des tâches répétitives: Les développeurs, testeurs et administrateurs systèmes pourront automatiser des tâches chronophages, libérant du temps pour des missions à plus forte valeur ajoutée.
c. Évolution des rôles existants: Beaucoup de postes évolueront pour intégrer la gestion, l'optimisation ou la supervision d'outils d'IA.
d. Demande croissante en experts IA: Les profils d'ingénieurs IA, data scientists et architectes cloud sont déjà très recherchés.

3.2 CONSÉQUENCES NÉGATIVES

a) Risque de suppression d'emplois peu qualifiés: Les tâches simples (support technique de niveau 1, saisie de données, tests manuels) sont vulnérables à l'automatisation.
b) Obsolescence des compétences: Les professionnels IT devront se former continuellement pour rester à jour avec les nouvelles technologies IA.
c) Concentration des compétences: Les grandes entreprises technologiques pourraient monopoliser les talents en IA, creusant un écart avec les PME.

En résumé, l'IA transforme les métiers de l'informatique plutôt qu'elle ne les élimine massivement — mais elle exige une forte capacité d'adaptation.

4 ANALYSE DETAILLEE SUR UN METIER SPECIFIQUE DU SECTEUR INFORMATIQUE

L'intelligence artificielle (IA) transformera profondément le marché de l'emploi dans les secteurs informatiques.

4.1 LES PRINCIPALES CONSÉQUENCES ATTENDUES

- Création de nouveaux emplois: Le développement, le déploiement et la maintenance des systèmes d'IA créeront une forte demande en spécialistes de l'IA, ingénieurs en machine learning, data scientists, éthiciens de l'IA et experts en cybersécurité.
- Évolution des compétences requises: Les professionnels devront se former à de nouvelles compétences, notamment en apprentissage automatique, en traitement du langage naturel, en modélisation de données et en gouvernance de l'IA.

- Automatisation de certaines tâches: Des tâches répétitives ou routinières, comme les tests logiciels ou la gestion de tickets de support, pourront être partiellement ou totalement automatisées, réduisant la demande pour certains rôles d'entrée de gamme.
- Renforcement des rôles créatifs et stratégiques: Les informaticiens devront se concentrer davantage sur la conception de solutions, l'interprétation des données générées par l'IA, et l'alignement technologique avec les objectifs métier.
- Reconfiguration des postes: Certains métiers évolueront vers des fonctions hybrides (ex. développeur + spécialiste IA) et nécessiteront une collaboration plus étroite avec d'autres disciplines comme la sociologie, la psychologie ou l'éthique.

4.1.1 IMPACT DANS LE METIER D'ADMINISTRATEUR SYSTEMES

4.1.1.1 AUTOMATISATION DES TÂCHES RÉPÉTITIVES

Des outils d'IA permettent déjà d'automatiser: la surveillance des serveurs, la détection d'incidents, le redémarrage automatique de services, la gestion des sauvegardes ou des mises à jour. Cela réduira le volume de tâches manuelles, mais augmentera la nécessité de superviser, configurer et sécuriser ces outils.

4.1.1.2 ÉVOLUTION VERS UN RÔLE PLUS STRATÉGIQUE

L'administrateur système devra:

- Analyser les données issues des outils d'IA pour anticiper les pannes,
- Améliorer la performance des systèmes à l'aide d'algorithmes prédictifs,
- Collaborer avec les équipes DevOps et sécurité pour gérer des infrastructures complexes.

4.1.1.3 NOUVEAUX OUTILS À MAÎTRISER

Il faudra apprendre à utiliser:

- Des plateformes d'observabilité (ex.: Datadog, Dynatrace, ou Prometheus avec IA),
- Des outils d'automatisation intelligente comme Ansible + IA,
- Des solutions de gestion de cloud optimisées par l'IA (Azure Automanage, AWS OpsWorks…).

4.1.1.4 MOINS DE GESTION "À LA MAIN", PLUS D'ORCHESTRATION

L'administrateur systèmes se transformera progressivement en ingénieur en infrastructure automatisée, pilotant des systèmes auto-réparateurs et adaptatifs. **Le** métier ne disparaît pas, mais devient plus technique, plus analytique, et plus axé sur l'architecture automatisée et la cybersécurité.

Voici un exemple concret de projet et de compétences à acquérir pour un administrateur systèmes souhaitant évoluer avec l'intelligence artificielle:

Projet**:** Automatisation intelligente de la gestion d'un parc de serveurs Linux

Objectif**:** Mettre en place une solution capable de:

- Détecter automatiquement les anomalies de performance (CPU, RAM, réseau),
- Lancer des actions correctives (redémarrage de service, augmentation de ressources),
- Générer des rapports d'analyse prédictive sur l'état futur des serveurs.

Technologies et compétences clés à acquérir:

✓ Surveillance intelligente:

Outils**:** Prometheus + Grafana avec alertes intelligentes, ou Zabbix avec IA.

Compétence: Scripting d'alertes basées sur des modèles d'usage (Machine Learning simple).

✓ Automatisation:

Outils**:** Ansible, Terraform, scripts Python + API systèmes.

Compétence**:** Écriture de playbooks Ansible conditionnels avec logique de décision.

✓ Intégration IA:

Outils**:** Elastic Stack avec Machine Learning (X-Pack), ou intégrer un modèle simple de prédiction via scikit-learn.

Compétence**:** Bases de machine learning appliquées à des séries temporelles

✓ Cloud & conteneurs:

Outils**:** Kubernetes, AWS CloudWatch, Azure Automanage.

Compétence**:** Administration d'infrastructures dynamiques avec surveillance IA.

Formation recommandée:

- Une certification en automatisation (ex: Red Hat Automation, Terraform Associate).
- Un cours en machine learning appliqué à l'IT (ex: "Machine Learning for IT Ops").

4.1.2 IMPACT DANS LE METIER DE DEVELOPPEUR WEB

4.1.2.1 AUTOMATISATION DE CERTAINES TÂCHES

L'IA peut déjà générer du code (HTML, CSS, JavaScript) à partir de simples descriptions (ex.: avec ChatGPT ou GitHub Copilot). Les tâches répétitives comme la création de composants UI, les tests ou la documentation sont de plus en plus assistées. Conséquence**:** Le développeur web doit aller au-delà de la simple écriture de code.

4.1.2.2 ÉVOLUTION VERS UN RÔLE PLUS CRÉATIF ET STRATÉGIQUE

L'IA ne remplace pas la compréhension métier, l'UX, l'accessibilité, ni la logique d'architecture. Le développeur devient plus concepteur d'expériences numériques, capable d'utiliser l'IA pour améliorer les interfaces et la personnalisation des sites.

4.1.2.3 NOUVELLES COMPÉTENCES À ACQUÉRIR

Intégrer des outils d'IA dans les projets (chatbots, recommandations, génération de contenus dynamiques). Utiliser des frameworks d'IA frontend (comme TensorFlow.js pour le machine learning dans le navigateur). Comprendre l'éthique et les limites de l'IA dans le web (biais, transparence, collecte des données).

4.1.2.4 ADAPTATION AUX NOUVELLES ATTENTES DU MARCHÉ

Les entreprises cherchent des développeurs capables de livrer vite, avec des outils d'IA. Les profils hybrides (développeur + data ou développeur + IA) sont de plus en plus recherchés. Le développeur web ne disparaît pas, mais son rôle évolue. Il devient plus polyvalent, plus créatif, et doit savoir collaborer avec l'IA pour rester compétitif. Ceux qui adoptent ces technologies seront les mieux positionnés sur le marché. Exemple de parcours ou de projet pour un développeur web souhaitant intégrer l'IA ?

✓ **Objectif:** Créer un site web intelligent qui personnalise son contenu en fonction du comportement de l'utilisateur.

✓ **Projet:** Plateforme web avec recommandations personnalisées

✓ **Contexte:** Vous développez un site de e-commerce ou de blog, et vous souhaitez que l'interface s'adapte automatiquement aux préférences de l'utilisateur.

Fonctionnalités intelligentes intégrées:

- Recommandation d'articles ou de produits basée sur la navigation précédente.
- Chatbot d'assistance intégré (ex.: avec l'API ChatGPT).
- Moteur de recherche intelligent capable de comprendre le langage naturel.
- Adaptation dynamique du contenu (ex.: mise en avant des catégories préférées).

Technologies et compétences à acquérir:

Étapes du projet:

1. Création de l'interface (React ou Vue.js)
2. Suivi du comportement utilisateur (cookies ou base de données)
3. Appels à un service d'IA pour générer des recommandations (ex.: OpenAI API ou HuggingFace)
4. Intégration d'un chatbot (avec ChatGPT ou Botpress)
5. Tests + optimisation UX

Formation suggérée pour démarrer:

- "AI for Web Developers" (sur Udemy, Coursera ou OpenClassrooms)
- Documentation OpenAI (https://platform.openai.com/docs)
- Tutoriels sur TensorFlow.js ou ML5.js

5 DEFIS ET OPPORTUNITES

- **Risques de remplacement partiel de l'emploi:** Certains postes peu qualifiés peuvent être réduits ou supprimés.
- **Opportunités de reconversion**: Grâce aux formations, de nombreux professionnels peut évoluer vers des rôles plus qualifiés.
- **Rôle de la formation continue**: Les entreprises et les écoles doivent adapter leurs programmes pour répondre à ces évolutions.

6 CONCLUSION

En définitive, l'impact de l'intelligence artificielle sur le marché de l'emploi dans les secteurs informatiques est complexe. Bien qu'elle puisse entraîner une automatisation de certaines tâches et une transformation des emplois existants, elle offre également de nouvelles opportunités d'emploi. Il est essentiel que les travailleurs s'adaptent aux changements induits par l'IA et acquièrent les compétences nécessaires pour prospérer dans un environnement de travail de plus en plus automatisé.

Bref, l'IA ne remplace pas les informaticiens, mais transforme profondément leurs missions et leurs outils. Elle représente un levier d'évolution, de spécialisation et d'innovation pour le secteur informatique. Les professionnels qui sauront s'adapter et se former auront un rôle clé dans la conception, la supervision et l'éthique des technologies de demain.

REFERENCES

[1] OCDE (2023). L'impact de l'intelligence artificielle sur le marché du travail.
[2] Organisation de coopération et de développement économiques. https://www.oecd.org
[3] Le Conseil d'orientation pour l'emploi (COE) (2022). Travail et emploi à l'ère de l'intelligence artificielle. Rapport public, France Stratégie. https://www.strategie.gouv.fr.
[4] World Economic Forum (2023). Future of Jobs Report. Analyse mondiale sur l'évolution des métiers face à l'automatisation et l'IA. https://www.weforum.org
[5] Villani, C. (2018). Donner un sens à l'intelligence artificielle – Pour une stratégie nationale et européenne. Rapport au gouvernement français. https://www.vie-publique.fr.
[6] Mouchère, H. (2021). Intelligence artificielle: l'impact sur l'emploi dans les métiers du numérique. CNRS Éditions.
[7] Brynjolfsson, E. & McAfee, A. (2014). The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. W. W. Norton & Company.
[8] Institut Montaigne (2020). Travail, emploi et intelligence artificielle: préparer la transformation. https://www.institutmontaigne.org

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 734-739
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Analyse des troubles d'intelligence chez les élèves des écoles secondaires de la sous-division de Kabongo 2

[Analysis of intelligence disorders among secondary school students in the Kabongo 2 subdivision]

Ngongo Mbwesse Majoie[1], Mwamb Kasangij Remy[2], Makobo Ilunga Joel[3], and Kyomba Kiluya Francois[4]

[1]Departement Technique, Université Don Bosco, Lubumbashi, Haut-Katanga, RD Congo

[2]Departement Informatique, Institut Supérieur Pédagogique, Kolwezi, Lualaba, RD Congo

[3]Departement d'enseignement, Institut Supérieur Pédagogique, Kasenga, Pweto, RD Congo

[4]Departement de formation, Institut Supérieur De Commerce, Lubumbashi, Haut-Katanga, RD Congo

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

ABSTRACT: This study analyzes intellectual disabilities among secondary school students in the Kabongo 2 subdivision. The main objective is to identify the types of disabilities observed, their causes, and their effects on academic achievement. The methodology employed is based on a descriptive and analytical approach, using questionnaires and interviews with teachers and students. The results show that the most frequent disabilities involve memory, comprehension, and logical reasoning. These disabilities stem from socioeconomic, pedagogical, and psychological factors. Intervention strategies are proposed, including teacher training, psychological support, and the adaptation of teaching methods.

KEYWORDS: Intelligence, cognitive disabilities, students, learning, Kabongo 2.

RESUME: Ce travail porte sur l'analyse des troubles d'intelligence chez les élèves des écoles secondaires de la sous-division de Kabongo 2. L'objectif principal est de déterminer les types de troubles observés, leurs causes et leurs effets sur la réussite scolaire. La méthodologie adoptée repose sur une étude descriptive et analytique, utilisant des questionnaires et des entretiens auprès des enseignants et élèves. Les résultats montrent que les troubles les plus fréquents concernent la mémoire, la compréhension et le raisonnement logique. Ces troubles trouvent leurs origines dans des facteurs socio-économiques, pédagogiques et psychologiques. Des stratégies d'intervention sont proposées, notamment la formation des enseignants, l'accompagnement psychologique et l'adaptation des méthodes pédagogiques.

MOTS-CLEFS: Intelligence, cognitive disorders, students, teacher, learning, pedagogy, subdivision, Kabongo 2.

1 INTRODUCTION

L'intelligence est un facteur déterminant de la réussite scolaire. Elle permet à l'élève de comprendre, de raisonner et de résoudre les problèmes qui se posent dans le processus d'apprentissage. Cependant, dans les écoles secondaires de la sous-division de Kabongo 2, certains élèves rencontrent des difficultés persistantes dans ces domaines, suggérant la présence de troubles d'intelligence.

Corresponding Author: Ngongo Mbwesse Majoie

Ces troubles, souvent négligés, peuvent avoir de graves conséquences sur le parcours scolaire et le développement personnel des apprenants. Ce projet vise donc à analyser ces troubles, leurs manifestations, leurs causes et leurs effets, afin de proposer des solutions éducatives adaptées.

1.1 Définition De L'intelligence

Selon Jean Piaget (1970), l'intelligence est la capacité de s'adapter à des situations nouvelles par la compréhension et la transformation de l'expérience. Pour Gardner (1983), elle se manifeste sous plusieurs formes: linguistique, logique-mathématique, spatiale, musicale, interpersonnelle, etc.

1.2 Théories De L'intelligence

Spearman (1927): Théorie factorielle à deux facteurs (facteur général « g » et facteurs spécifiques).

Gardner (1983): Théorie des intelligences multiples.

Sternberg (1985): Théorie triarchique de l'intelligence (analytique, créative et pratique).

1.3 Les Troubles D'intelligence

Les troubles d'intelligence se manifestent par une altération partielle ou globale des fonctions cognitives: mémoire, raisonnement, compréhension, attention. Ils peuvent se traduire par une déficience intellectuelle, un retard cognitif ou des troubles d'apprentissage spécifiques.

1.4 Causes Et Conséquences

Les causes peuvent être biologiques (maladies, génétique), environnementales (pauvreté, malnutrition), psychologiques (traumatismes, stress) ou pédagogiques (méthodes d'enseignement inadaptées).

Les conséquences incluent des échecs scolaires, une faible estime de soi et un risque accru de décrochage.

2 Revue De Littérature

2.1.1 Panorama Général

La littérature montre que les troubles cognitifs et les troubles du développement (déficience intellectuelle, troubles de l'attention, troubles spécifiques d'apprentissage comme la dyslexie) sont des facteurs importants de faibles performances scolaires, surtout dans les contextes à ressources limitées. Les études récentes insistent sur l'interaction entre facteurs biologiques, socio-économiques et pédagogiques dans l'émergence ou l'aggravation de ces troubles.

2.1.2 Travaux Sur L'intellectual Disability Et Contexte Africain

Des chapitres et revues récents examinent la compréhension des déficiences intellectuelles depuis une perspective africaine, en soulignant des éléments spécifiques: stigmatisation, visions culturelles locales, accès limité aux services diagnostiques et d'accompagnement, et manque de ressources spécialisées dans les écoles. Ces travaux recommandent des approches contextuelles, culturellement sensibles et intersectorielles.

2.1.3 Facteurs Socio-Économiques Et Effet De L'école

Plusieurs études montrent que la scolarisation, la qualité de l'école et la nutrition influencent les performances de raisonnement non-verbal et d'autres aspects cognitifs — ce qui relie directement l'environnement scolaire et familial aux indicateurs d'intelligence mesurés. Dans les régions d'Afrique subsaharienne, pauvreté et manque d'accès aux services scolaires spécialisés sont des facteurs récurrents.

2.1.4 Résultats Empiriques Récents Et Lacunes

Résultats connus: la prévalence globale des troubles du développement et des troubles d'apprentissage est non négligeable à l'échelle mondiale et régionale; ils ont un impact négatif significatif sur la scolarité. Lacunes identifiées:

- Peu d'études localisées finement au niveau des sous-divisions (peu d'enquêtes spécifiques à des zones administratives comme Kabongo2).
- Manque d'évaluations longitudinales pour mesurer l'évolution après interventions pédagogiques.
- Faible disponibilité d'outils standardisés, adaptés linguistiquement et culturellement au contexte congolais.
- Peu d'études mesurant l'effet combiné des facteurs (malnutrition + stress psychosocial + pédagogie inadaptée) sur profils cognitifs en milieu scolaire.

En somme, il existe une base théorique et empirique solide sur le lien entre troubles cognitifs et échec scolaire, mais le champ manque d'études localisées, culturellement adaptées et d'évaluations d'impact d'interventions scolaires — exactement la lacune que mon projet peut commencer à combler pour la sous-division de Kabongo2.

3 MÉTHODOLOGIE

But est de décrire, étape par étape, comment l'étude a été conçue et réalisée, avec justification des choix méthodologiques.

3.1 TYPE D'ÉTUDE

- **Conception:** Étude descriptive et analytique, de type mixte (quantitatif + qualitatif).
- **Justification:** le quantitatif permet d'estimer prévalences et corrélations; le qualitatif (entretiens, observations) éclaire les causes contextuelles et les pratiques pédagogiques.

3.2 POPULATION ET CONTEXTE

Population cible: Élèves des écoles secondaires de la sous-division de Kabongo2 (1500 élèves) et enseignants (150). Période de terrain: Octobre 2025.

3.3 ÉCHANTILLONNAGE

Méthode: Échantillonnage stratifié aléatoire par école, puis tirage au sort des classes/élèves. Justification: garantit représentativité des écoles de la sous-division et réduit biais dus à une seule école. Taille de l'échantillon: 100 élèves et 10 enseignants (comme convenu précédemment).

Remarque: pour des analyses statistiques plus poussées (tests d'association, régressions), un échantillon d'au moins 200 élèves donnerait plus de puissance — mais 100 est acceptable pour une étude exploratoire/tuteurée.

3.4 INSTRUMENTS ET OUTILS DE COLLECTE

3.4.1 QUESTIONNAIRE ÉLÈVE (QUANTITATIF)

- Sections: données sociodémographiques (âge, sexe, milieu familial), antécédents scolaires, échelles brèves d'attention/mémoire auto-rapportée, items sur comportement en classe.
- Justification: collecte rapide et standardisée; adapté aux contraintes de terrain.

3.4.2 TESTS COGNITIFS STANDARDISÉS (BREF)

- Exemples: sous-tests de mémoire de travail et de raisonnement (versions courtes adaptées); tests non-verbaux si la langue est un obstacle.
- Justification: obtenir mesures objectives des fonctions cognitives (mémoire, raisonnement).

3.4.3 GUIDE D'ENTRETIEN SEMI-DIRECTIF (ENSEIGNANTS)

- Thèmes: observations sur élèves à difficultés, stratégies pédagogiques, ressources disponibles, formation reçue.
- Justification: savoir ce que les enseignants observent et quelles pratiques existent.

3.4.4 FICHE D'OBSERVATION EN CLASSE

- Items: attention collective, participation, consignes comprises, réactions aux tâches.

3.4.5 DOCUMENTS SCOLAIRES

- Relevés de notes, historiques d'absences, rapports disciplinaires.

3.5 PROCÉDURE (ÉTAPES CONCRÈTES)

- **Autorisation et contacts** — obtenir autorisations administratives (inspecteur, chefs d'établissement), prise de rendez-vous.
- **Pré-test des instruments** — tester questionnaire et fiches sur 8–10 élèves (pilotage); ajuster formulation et durée.

4 COLLECTE DES DONNÉES (SUR LE TERRAIN)

Administration des questionnaires + tests cognitifs (par groupe ou individu selon l'outil): ~30–45 minutes/élève. Entretiens semi-directifs avec enseignants: 30–60 minutes chacun. Observations en classe: 1 séance par classe observée.

4.1 SAISIE ET NETTOYAGE DES DONNÉES

Double saisie pour réduire erreurs, vérification des valeurs manquantes.

4.2 VALIDATION ÉTHIQUE

Information et / ou consentement des parents (lettre d'information) et des élèves (assentiment); anonymisation des données.

4.3 MÉTHODES D'ANALYSE DES DONNÉES

4.3.1 QUANTITATIVES

- Statistiques descriptives: fréquences, pourcentages, moyennes, écarts-types.
- Tests d'association: Chi^2 pour variables catégorielles (ex.: présence de trouble × milieu familial), T-test/Mann-Whitney ou ANOVA pour comparaisons de scores cognitifs selon groupes.
- Régression logistique simple (si taille d'échantillon le permet) pour estimer facteurs associés à la présence d'un trouble apparent.

4.3.2 QUALITATIVES

- Analyse thématique des entretiens (codage ouvert → axial → thèmes centraux).
- Triangulation: confronter résultats quantitatifs et qualitatifs pour interprétation robuste.

4.4 LIMITES MÉTHODOLOGIQUES ANTICIPÉES

- Taille d'échantillon modeste → puissance statistique limitée.
- Outils de mesure: nécessité d'adapter et valider localement (risque de biais culturels).
- Biais de déclaration sociale souhaitable (réponses « politiquement correctes »).
- Mesures transversales → impossibles d'inférer causalité.

5 RÉSULTATS

5.1 CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉCHANTILLON

- Échantillon élèves (n = 100)
- Sexe: 54 garçons (54 %), 46 filles (46 %)
- Âge moyen: 16,2 ans (ET = 1,1)
- Milieu: 68 % milieu rural/à faibles ressources, 32 % urbain
- Enseignants (n = 10)
- Expérience moyenne: 9 ans
- 20 % ont suivi une formation spécialisée en pédagogie inclusive

5.2 PRÉVALENCE DES TROUBLES OBSERVÉS (N = 100)

Tableau 1. Prévalence des troubles observés (n = 100)

Type de trouble observé (critères d'examen)	Nombre d'élèves	Pourcentage
Difficultés de mémoire (mémoire de travail faible)	45	45 %
Problèmes de raisonnement logique	30	30 %
Manque d'attention / concentration (suspicion TDA)	15	15 %
Troubles de compréhension verbale	10	10 %
Total (au moins un trouble identifié)	72	72 %

Interprétation: 72 % des élèves étudiés présentent au moins un signe notable de trouble cognitif/traitement de l'information (selon nos critères d'évaluation courts).

5.3 PERFORMANCES SCOLAIRES VS. TROUBLES (TABLEAU COMPARATIF)

Tableau 2. Performances scolaires vs. troubles (tableau comparatif)

Groupe d'élèves	Moyenne générale (échelle 0–20)	% redoublement
Sans trouble identifié (n=28)	12.8	7 %
Avec ≥1 trouble (n=72)	8.6	32 %

Analyse: Les élèves avec troubles affichent une moyenne nettement plus basse et un taux de redoublement plus élevé — ceci illustre l'impact académique tangible.

5.4 FACTEURS ASSOCIÉS (RÉSULTATS BREFS D'ANALYSES)

- **Milieu familial à faibles ressources**: plus fréquent chez les élèves avec troubles ($p < 0,01$).
- Absence de suivi parental / fort taux d'absentéisme: corrélé aux difficultés ($p < 0,05$).
- **Formation enseignante:** les classes dirigées par enseignants formés en pédagogie inclusive montrent une proportion légèrement inférieure d'élèves identifiés (non significatif à $p=0.08$ — taille d'échantillon limitée).

6 DISCUSSION

6.1 PRINCIPAUX RÉSULTATS ET SIGNIFICATION

La proportion élevée d'élèves présentant au moins un signe de trouble cognitif (72 %) indique que les difficultés d'apprentissage dans Kabongo2 sont fréquentes et multisectorielles. Ce constat rejoint les synthèses régionales qui montrent une prévalence importante des troubles du développement et d'apprentissage en Afrique, souvent sous-diagnostiqués.

Les troubles de mémoire et de raisonnement logique sont les plus répandus; ils ont un lien clair avec les faibles performances scolaires et le redoublement, en accord avec d'autres études montrant que déficits cognitifs → baisse de réussite scolaire.

6.2 COMPARAISON AVEC LES ÉTUDES PRÉCÉDENTES

Convergence: la relation entre facteurs socio-économiques (pauvreté, malnutrition, manque de stimulation), charge psychosociale, et déficits cognitifs est cohérente avec les revues et études en contexte africain (neurocognition et facteurs socio-économiques).

Différence / apport: contrairement à la plupart des grandes études continentales, cette enquête localisée met en évidence l'importance de variables contextuelles (ex.: pratiques pédagogiques et formation des enseignants) mesurées directement au niveau de la sous-division — élément rarement détaillé dans les grandes synthèses.

6.3 IMPLICATIONS PRATIQUES

Pour l'école: formation ciblée des enseignants (repérage précoce, méthodes multisensorielles, adaptation des tâches, remédiation cognitive).

Pour l'inspection/autorités locales: mettre en place sessions de dépistage périodiques et centres de référence pour évaluation approfondie.

Pour les familles: actions de sensibilisation sur importance du suivi, nutrition et stimulation à domicile.

6.4 LIMITES ET PRUDENCE D'INTERPRÉTATION

- **Échantillon:** n = 100 (exploratoire), donc prudence pour généraliser à toute la sous-division. Une étude plus large est recommandée.
- **Mesures:** certains outils cognitifs courts peuvent sous-estimer ou surestimer les troubles si non entièrement adaptés culturellement.
- **Conception transversale**: ne permet pas d'établir des relations causales; les associations détectées sont corrélatives.
- **Biais de sélection**: si participation différée selon classes, risque d'échantillonnage non complètement aléatoire.

6.5 RECOMMANDATIONS POUR RECHERCHES FUTURES

- Études longitudinales (pré/post-intervention) pour évaluer l'impact des actions pédagogiques.
- Validation et adaptation d'outils cognitifs localement (versions en langues locales).
- Études mixtes à plus grande échelle incluant mesures nutritionnelles, santé mentale et stress familial.
- Programmes pilotes d'intervention (formation enseignants + remédiation) avec évaluation objective des gains.

7 CONCLUSION

Ce travail a permis d'identifier les principaux troubles d'intelligence chez les élèves des écoles secondaires de Kabongo 2 et d'en dégager les causes multiples. Ces troubles, s'ils ne sont pas pris en charge, compromettent sérieusement la réussite scolaire. Il est donc recommandé:

- D'organiser des séances d'évaluation psychologique régulières;
- De renforcer la formation des enseignants en psychologie de l'apprentissage;
- D'impliquer les parents dans le suivi éducatif;
- D'adopter des pratiques pédagogiques différenciées selon les profils d'élèves.

REFERENCES

[1] Piaget, J. (1970). Psychologie de l'intelligence. Paris: Armand Colin.
[2] Gardner, H. (1983). Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences. New York: Basic Books.
[3] Sternberg, R. (1985). Beyond IQ: A Triarchic Theory of Human Intelligence. Cambridge University Press.
[4] Vygotsky, L. (1978). Mind in Society. Harvard University Press.
[5] Ministère de l'E.P.S.T. (2023). Rapport annuel de la sous-division de Kabongo2.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 740-748
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Impact de la surcharge du travail infirmier sur la qualité des soins: Cas de l'Hôpital Général de Référence de Malemba-Nkulu, d'avril 2024 à mars 2025

[Impact of nursing workload on the quality of care: Case of the Malemba-Nkulu General Reference Hospital, from april 2024 to march 2025]

Kabongo Nshimba Napoléon[1], Ilunga Wa Nkulu Fulgence[2], Ilunga Wa Kadimwa Arsene[3], Ngongo Mbwese Majoie[4], Yumba Mafinge John[5], and Kaboba Ilunga Patrick[6]

[1]Departement Informatique, Institut Supérieur Pédagogique, Kabongo, Haut-Lomami, RD Congo

[2]Departement des soins médicaux, Institut Supérieur Des Techniques Médicales De Malemba-Nkulu, Kabongo, Haut-Lomami, RD Congo

[3]Departement de formation, Institut Supérieur Des Techniques Professionnelles and Appliquées, Lubumbashi, Haut-Katanga, RD Congo

[4]Departement Technique, Université Don Bosco, Lubumbashi, Haut-Katanga, RD Congo

[5]Indépendant, Lubumbashi, Haut-Katanga, RD Congo

[6]Departement Technique, Institut Supérieur Pédagogique, Lubumbashi, Haut-Katanga, RD Congo

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

ABSTRACT: Nurses play a central role in health promotion, disease prevention, and comprehensive patient care. However, the effectiveness of nursing care is significantly compromised by persistent workload overload, inadequate organizational conditions, and chronic shortages of human and material resources. Data were collected through direct observation, interviews, document analysis, and manual statistical processing. The findings reveal that 87.7% of nurses reported experiencing excessive workload, while 93.7% expressed concerns about their working conditions. This overload resulted in the absence of formal nursing diagnoses, decreased quality of care (including breaches in aseptic practices), medication errors, inadequate monitoring of vital signs, insufficient psychological support for patients, and service disorganization. Excessive nurse-to-patient ratios significantly reduced the ability to anticipate clinical deterioration, thereby increasing morbidity, mortality, and length of hospital stay. The study confirms a direct relationship between nursing workload and deterioration in quality of care. It highlights the urgent need for structural interventions, including adequate staffing levels, improved working conditions, investment in resources, continuing professional development, fair compensation, and the promotion of a safety- and quality-centered organizational culture. Optimizing nurses' work environments represents a strategic lever to ensure patient safety, restore public trust, and strengthen the long-term performance of the healthcare system.

KEYWORDS: nursing workload, quality of care, nurse-to-patient ratio, working conditions, patient safety, Malemba-Nkulu, Democratic Republic of Congo.

RESUME: L'infirmier joue un rôle central dans la promotion de la santé, la prévention des maladies et la prise en charge globale des patients. Toutefois, l'efficacité des soins infirmiers est fortement compromise par une surcharge de travail persistante, des conditions organisationnelles inadéquates et une insuffisance chronique de ressources humaines et matérielles. Les données ont été collectées par observation directe, interviews, analyse documentaire et traitement statistique manuel. Les résultats révèlent que 87,7 % des infirmiers se déclarent surchargés et 93,7 % s'inquiètent de leurs conditions de travail. Cette surcharge se traduit par l'absence de diagnostic

infirmier formalisé, une baisse de la qualité des soins (défaut d'asepsie), des erreurs médicamenteuses, une surveillance insuffisante des constantes vitales, un déficit de prise en charge psychologique et une désorganisation des services. Le ratio infirmier-patients excessif réduit significativement la capacité d'anticipation des complications cliniques, augmentant la morbidité, la mortalité et la durée d'hospitalisation. L'étude confirme l'existence d'un lien direct entre surcharge infirmière et dégradation de la qualité des soins. Elle souligne l'urgence d'actions structurelles avec ajustement des effectifs, amélioration des conditions de travail, investissement en ressources, formation continue, valorisation salariale et promotion d'une culture organisationnelle centrée sur la sécurité et la qualité des soins. L'optimisation de l'environnement professionnel infirmier constitue un levier stratégique majeur pour garantir la sécurité des patients, restaurer la confiance de la population et assurer la performance durable du système de santé.

MOTS-CLEFS: surcharge infirmière, qualité des soins, ratio infirmier-patient, conditions de travail, sécurité des patients, Malemba-Nkulu, RDC.

1 INTRODUCTION

L'infirmier est une personne qui, ayant suivi une formation de base aux soins infirmiers et autorisé dans son pays à prodiguer des soins infirmiers dans tous les contextes pour la promotion de la santé, la prévention de la maladie, les soins et le rétablissement des personnes physiquement et mentalement atteintes (OMS, 1978). Pour assumer les responsabilités qui lui sont assignées, le personnel infirmier doit user de son habilité et ses connaissances tant théoriques que pratiques dans le but de dispenser des soins efficaces d'une façon justifiée.

Mais cette efficacité peut se voir entre compromise par des lourdes taches dont l'infirmier est appelé à remplir durant sa journée de travail, à ne pas oublier des conditions de travail quelque fois difficiles pour lui entre autres: manque de matériel suffisant, mauvaise organisation de service, nombre insuffisant du personnel, nombre élevé des patients pour un infirmier, etc (Leduc S., 2016).

Afin de maintenir des soins infirmiers de qualité et de remédier à la pénurie mondiale de personnel, le système de santé doit créer des lieux de travail ou les infirmiers ne se contentent pas de survivre mais s'épanouissent. Cela signifie que la sécurité, une rémunération équitable, l'autonomie, le soutien et le bien-être émotionnel doivent faire partie intégrante du fonctionnement des systèmes de santé.

Au sein de la société actuelle, nous constatons une évolution socioéconomique ou l'homme revendique de plus en plus le droit à des réponses adaptées à ses besoins de santé. Les réponses des structures des soins en matière de santé reposent sur les progrès scientifiques et techniques d'une part et d'autre part sur une organisation optimale pertinente et cohérente des soins, dans cette complexité, l'infirmier y trouve une place capitale étant donné son rôle.

L'infirmier a l'initiative de ces soins, organise leur mise en œuvre et procède à leur évaluation. En outre, cette responsabilité peut se mettre en doute par la charge de travail constaté le plus souvent dans plusieurs établissements de soins de santé de la part de l'infirmier. Or, pour promouvoir la santé et le bien-être des infirmiers, qui sont essentiels à la viabilité et à l'efficacité des systèmes de soins infirmiers, sept domaines déterminants dans lesquels une action coordonnée peut transformer les lieux de travail dans le secteur des soins de santé et préserver le personnel infirmier pour le bien-être et la santé de tous sont les suivants:

- Veiller à ce que les effectifs soient suffisants pour assurer l'efficacité des soins qui doivent être surs et de qualité que lorsque leur charge de travail soit supportable. Les sous-effectifs chroniques et le manque de ressources nécessaires compromettent les soins aux patients et provoquent burnout d'où la planification de la main-d'œuvre, optimisation du mélange des compétences et contrôle de la charge de travail en temps réel et ajustement dynamique (les infirmiers ne doivent pas être surchargés)
- Investir dans les ressources et les équipements adéquats: fournir les outils, la technologie et l'infrastructure nécessaires pour dispenser des soins surs et de qualité.
- Instaurer les conditions de travail sures et descentes. Ceci est essentiel au bien-être et à la fidélisation des infirmiers, d'où:
    a) Appliquer un protocole complet de sécurité au travail: mesures de sécurité globale
    b) Eliminer de la violence et droit à un environnement de travail sur: appliquer la politique de tolérance zéro contre toutes les formes de violence sur le lieu de travail (verbales, physiques et émotionnelles). Il faut un esprit de respect pour travailler dans un environnement sans danger
    c) Périodes de repos protégées et espaces de détente: désigner des espaces calmes et séparés pour prendre des pauses au cours de travail
    d) Equilibre entre vie professionnelle et vie privée: mettre en œuvre les horaires flexibles, meilleures pratiques en matière d'affectation et des congés payés suffisants afin d'aider les infirmiers à parvenir à un équilibre durable entre la vie professionnelle et la vie privée. Réduire au minimum le nombre excessif d'heures supplémentaires
- Soutenir la formation, le perfectionnement professionnel et un domaine pratique optimal: ceci permet de constituer un personnel qualifié et compétent, capable de s'adapter à l'évolution des besoins en matière de santé; en leur offrant de formation continue pour

développer les connaissances, les compétences et les qualités requises pour relever de nouveaux défis et dispenser des soins de grande qualité, d'où (Lefèvre Mélanie, Gerkens Sophie, 2021):

a) Prioriser la formation continue et le perfectionnement professionnel
b) Supprimer les obstacles qui empêchent les infirmiers à travailler dans l'intégralité de leur domaine de pratique, améliore les soins infirmiers et l'autonomie infirmière
c) Association à la prise de décision: participation aux grandes décisions, les politiques de santé et la politique infirmière
d) Parcours de carrière clairs et opportunité d'exercer des responsabilités: établir des plans de progression de carrière structurés qui permettent aux infirmiers d'accéder à des rôles de leadership et de pratique spécialisée. Mettre en place des cadres et des programmes afin de former les futurs infirmiers dirigeants
e) Recherche et innovation menées par les infirmiers: favoriser une culture de recherche et d'innovations pour améliorer la prestation des soins

- Créer une culture organisationnelle favorable et performante: favoriser des lieux de travail accueillants en créant un environnement favorable à la pratique. La culture qui donne la priorité aux soins centrés sur la personne, à l'amélioration continue et à la cohésion des équipes pour contribuer à l'engagement et à la fidélisation des infirmiers tout en améliorant les résultats pour les patients et l'efficacité de l'organisation (Bruyneel L, Li B, Ausserhofer D, Lesaffre E, Dumitrescu I, Smith HL, et al., 2015 Dec):

a) Intégration des soins centrés sur la personne: donner la priorité aux besoins, points de vue et préférences des patients dans les décisions relatives aux soins
b) Amélioration constante de la qualité: favoriser une culture de l'excellence en permettant aux infirmiers de diriger et de participer aux efforts d'amélioration de la prestation des soins
c) Instaurer un système de sécurité des patients, promouvoir un environnement non punitif ou les erreurs sont considérées comme autant d'occasions d'apprendre et de s'améliorer
d) Programmes structurés de mentorat
e) Leadership et communication basés sur la confiance
f) Inclusion et diversité
g) Reconnaissance et valorisation des contributions infirmières

- Garantir l'accès aux soins de santé et aux aides au bien-être: les infirmiers se heurtent à des obstacles qui les empêchent de bénéficier des soins adaptés à leurs besoins spécifiques, ils manquent aussi de soutien pour gérer le stress professionnel et la charge émotionnelle auxquels ils sont confrontés.
- Valoriser les infirmiers par une rémunération équitable et concurrentielle: le salaire payé ne reflète pas leur rôle essentiel, leur formation de haut niveau ni leurs responsabilités complexes. Il faut investir dans des structures ou les infirmiers se sentent valorisés, motivés et habiletés à rester dans la profession (Leduc S., 2016).

Lors de nos recherches à l'hôpital précité sur les activités des infirmiers, nous avons pu noter certaines observations telles que:

- L'absence de diagnostic infirmier qui va favoriser des complications et si non détectées à temps, elles deviennent les causes de morbidité et de mortalité
- Diminution de la qualité de soins qui est bien claire dans le déroulement des soins caractérisés par l'absence d'asepsie
- Les erreurs de médication mettant en danger la sécurité des malades
- Mauvaise surveillance des malades surtout en ce qui concerne les constantes
- L'absence du dossier infirmier qui va entrainer une perte de temps
- Mauvaise prise en charge psychologique des patients; nous observons que le temps passé auprès des malades diminue avec une augmentation des taches infirmiers parfois aussi administratives
- Pas de temps propice pour réaliser les taches plus importantes de façon juste et de sauvetage des malades
- L'équipe soignante échoue d'organiser le travail à cause de la surcharge qui provoque une anarchie de la gestion de service (Shindul-Rothschild J, Read CY, Stamp KD, Flanagan J., 2017).

Les résultats de notre recherche montrent que 87,7% des infirmiers se sentent surchargé des activités infirmières entrainant des conséquences néfastes dans la population soignée. Face à cette situation, une question a été posée entre autre: quel est l'impact de la surcharge infirmière sur la qualité des soins infirmiers envers les malades ?

Il est à noter que lorsque l'infirmier gère deux fois plus de patients que ce qui est recommandé, les erreurs se multiplient et les occasions d'anticiper les détériorations cliniques se réduisent. Ailleurs, les hôpitaux qui ont limité leurs ratios à 6 patients par infirmier ont constaté une augmentation de 20% de chances de survie car réduire le nombre de patients par infirmier permet d'observer les signes subtils qui précèdent une aggravation, d'intervenir à temps, de prévenir les arrêts cardiaques, les septicémies ou les maladies nosocomiales (Pretorius A, Searle J, Marshall B., 2015 Jun).

Cette surcharge de travail ne se limite pas aux erreurs ou aux retards de soins. Elle condamne les patients à des séjours prolongés, des complications évitables et parfois, à la mort. Le lien entre ratios infirmiers-patients et santé des malades est établi depuis deux décennies, à travers des études internationales. Les hôpitaux dotés de ratios adéquats enregistrent moins d'infections, de ré-hospitalisations et d'arrêts cardiaques.

2 APPROCHE METHODOLOGIQUE DE L'ETUDE

Pour ce qui concerne notre travail, nous avons utilisé la méthode retro-prospective pour évaluer les activités infirmières dans les différents services de l'hôpital général de référence de malemba-nkulu entre-autres: la médecine interne, la néonatologie, la pédiatrie et celui de soins d'urgence dont 41 infirmiers ont fait l'objet de notre étude pendant une période de 12 mois allant d'Avril 2024 à Mars 2025 est dont l'objectif est d'évaluer les conditions dans lesquelles les infirmiers de cet hôpital administrent les soins aux malades et les résultats obtenus dans cette structure sanitaire de référence du territoire de malemba-nkulu, province du haut-lomami, en RDC.

Et pour y parvenir, nous avons utilisé quelques techniques entre autres: l'observation, l'interview, analyse documentaire pour se renseigner du nombre d'infirmiers affectés, planifications des activités et le nombre d'heures assurées par chaque infirmier voire le nombre de malades soignés par poste, enregistreur audio pour réécouter certaines parties de l'entretien qui pourraient s'échapper lors de la recherche.

La méthode probabiliste a été choisie sur l'ensemble des arrondissements en ce qui concerne les infirmiers, étant incapable d'atteindre tout le monde pour un interrogatoire. Par rapport au traitement des données collectées dans les services auprès des infirmiers, il a été question de l'analyse manuelle, un dépouillement statistique des données collectées puis la réalisation des graffs.

3 RESULTATS DE RECHERCHE

La présente recherche démontre que le problème de la qualité des soins infirmiers réside dans le fait que le personnel infirmier manque un espace de concentration devant les différents cas des maladies. La majorité d'entre eux parlent d'une surcharge ainsi que de la non reconnaissance soit par l'administration locale, provinciale ou nationale des actes posés, plus les soins deviennent moins qualitatifs, plus la population perd de confiance à l'égard de la médecine moderne ce qui impactera négativement sur la vie socio-économique de l'hôpital.

L'analyse des résultats récoltés montrent que 93,7% des infirmiers s'inquiètent des conditions de travail dans leur milieu professionnel. C'est pourquoi, il est important que les gestionnaires des établissements de santé fixent de bonnes planifications des activités respectant le bien- être complet de l'infirmier pour qu'il réussisse à sa noble mission. Ceci a un double avantage, tant pour la sécurité personnelle de l'infirmier tant plus pour l'épanouissement des structures sanitaires enfin de faciliter une intégration maximale dans l'environnement.

3.1 PERCEPTION DE LA SURCHARGE INFIRMIERE

Les angles de résultats présentés ont pris en compte tous les infirmiers concernés inclus ceux qui assurent les fonctions administratives dont les informations sont qualitativement analysées. L'ensemble du personnel tant administratif, ouvrier qu'infirmier dispose des connaissances sur le problème de notre étude et dont les causes sont décrites au graphique 1.

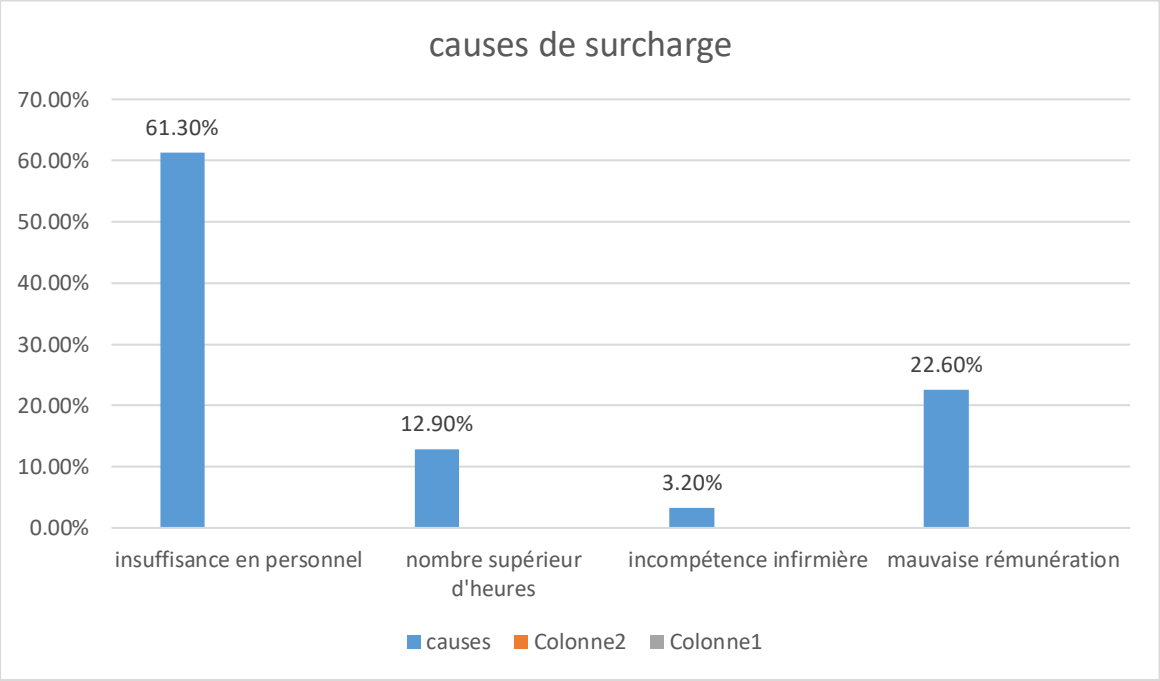


Fig. 1. Diagramme des causes de surcharge

De l'analyse de ce graphique, il ressort que toutes les catégories du personnel connaissent la surcharge infirmière mais dont les avis sur les causes sont divers, 61,3% des cas parlent de l'insuffisance du personnel infirmier, suivis de ceux qui incriminent la mauvaise rémunération avec 22,6% et dont 12,9% voient le nombre supérieur d'heures de service. Enfin 3,2% d'infirmiers considèrent l'incompétence infirmière.

TABLEAU DE L'IMPACT DE LA SURCHARGE INFIRMIERE

Tableau 1. Impact de la surcharge infirmière

Impact	Fréquence	Pourcentage
Mauvaise qualité de soins	18	58,1
Epuisement de l'infirmier	11	35,5
Déséquilibre économique	2	6,4
Total	31	100

Il s'observe dans ce tableau que la surcharge infirmière a généralement un impact négatif dans une structure de soins dont pour certains, soit 58,1% observent une mauvaise qualité de soins, 35,5% parlent de l'épuisement socio-psycho-sanitaire de l'infirmier et 6,4% constatent un déséquilibre économique.

3.2 QUALIFICATION DU PERSONNEL INFIRMIER

Les données de notre recherche placent aussi une considération particulière sur la qualification du personnel appelé à administrer les soins aux malades car cela a aussi une influence sur la qualité. Les différentes qualifications sont présentes dans le tableau ci-dessous:

Tableau 2. Qualification du personnel infirmier

Qualification	Fréquence	Pourcentage
Licencié	2	6,4
Infirmier A1	7	22,6
Infirmier A2	8	25,8
Infirmier A3	3	9,7
Formés	11	35,5
Total	31	100

La lecture de tableau montre que 35,5% des infirmiers sont constitués des formés, suivis des infirmiers A2 qui représentent 25,8%, les infirmiers A1 quant à eux avec 22,6% des cas de représentativité, les A3 avec un pourcentage de 9,7 et les infirmiers licenciés viennent clore la liste avec 6,4% des cas.

PRISE EN CHARGE DES HEURES SUPPLEMENTAIRES

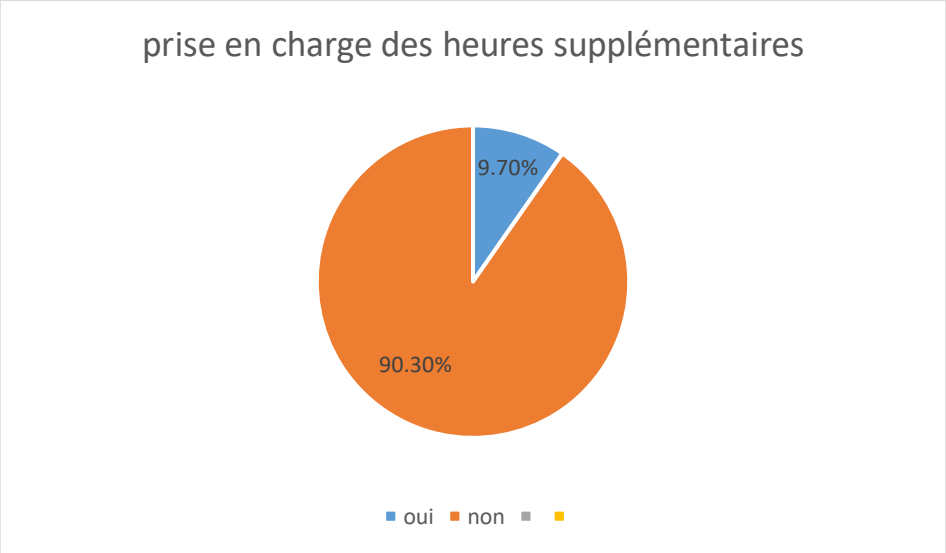


Fig. 2. Prise en charge des heures supplémentaires

De l'analyse de cette figure, il s'observe que les heures supplémentaires assurées par les infirmiers ne sont pas prises en charge par l'employeur, soit 90,3% des cas contre 9,7% des cas qui affirment la prise en charge de l'excès des heures.

TABLEAU DU NOMBRE D'HEURES DE SERVICE

Tableau 3. Nombre d'heures de service

Heures de service	Fréquence	Pourcentage
Inférieur à 6	1	3,2
6 à 8 heures	4	12,9
Supérieur à 8	26	83,9
Total	31	100

Au regard de ce tableau, nous constatons 83,9% des cas parlent de plus de 8heures de prestation des services, ceux qui reconnaissent entre 6 à 8 heures représentent 12,9% des cas et 3,2% des cas parlent de moins de 6 heures de service.

4 DISCUSSION

4.1 CONSEQUENCES DE LA CHARGE DE TRAVAIL ELEVEE

Ce travail réalisé est une étude retro-prospective sur une période d'une année. L'objectif principal est d'évaluer les conséquences d'une surcharge infirmière sur la santé des personnes en besoin des soins de santé dans notre environnement de recherche, et particulièrement l'hôpital général de référence de Malemba-nkulu, territoire de même nom, province du haut-lomami en RDC. Des données obtenues sont les résultats de nos investigations au près des infirmiers administrant les soins aux malades.

Ceci prouve que la surcharge infirmière a un impact dont deux éléments ont été les plus soulignés dont le premier est la mauvaise qualité des soins (58,1%) et le second concerne la rupture de la fréquence des malades due à l'épuisement socio-psycho-sanitaire du personnel infirmier (35,5%). Il est à noter que pendant la saison de pluie, chaque année, le territoire est le plus souvent touché par des épidémies et la recrudescence des maladies de mains sales, virales et parasitaires parmi lesquelles les plus rencontrées sont le paludisme, la fièvre typhoïde, le choléra et la rougeole.

Mais ce qui est constaté est que de toutes ces survenues, les infirmiers sont obligés de prendre en charge plus de 15 malades par poste, source d'épuisement tant physique, intellectuel que moral avec comme conséquence la désorientation des actes posés.

L'analyse des résultats de notre étude montrent que beaucoup de conséquences ont été liées à certains facteurs entre autres: la qualification du personnel infirmier, la ratio patients-infirmier et le nombre d'heures de service. Il est observé que les personnels formés présentent un nombre considérable dans les structures de santé avec des compétences limitées dont 35,5% du nombre total d'infirmiers. Ceci a constitué une surcharge à un petit groupe d'infirmiers disposant des compétences professionnelles contrairement à une méta-analyse publiée en 2017 démontrait que le ratio patients/infirmier avait un impact sur différents indicateurs d'évolution du patient, en particulier la mortalité (La théorie avancée pour soutenir le risque pour le patient lié à la programmation d'un nombre insuffisant de soignants est celle des « soins laissés non réalisés » via un rationnement implicite des tâches par les professionnels de santé (Van den Heede Koen, Bruyneel Luk, Beeckmans Dorien, Boon Niels, Bouckaert Nicolas, Cornelis Justien, et al., 2019).

4.2 NOMBRE DE MALADES PAR INFIRMIER

Les infirmiers rapportent par ailleurs un ressenti important de l'impact de la charge de travail élevée sur leur capacité à prendre soin; ils décrivent le manque de temps qu'ils ont à allouer aux patients pour répondre à leurs besoins. Un sentiment de culpabilité s'installe dans ce cadre, ainsi qu'un stress ressenti pour finir l'ensemble des tâches avant la fin de leur service. Ils décrivent la difficulté d'être mobilisés en permanence à plusieurs endroits en même temps.

Cette surcharge de travail a par ailleurs été identifiée comme un facteur défavorable sur le plan psychosocial, pouvant entrainer des coûts majeurs liés aux absences. Cela influe aussi sur la volonté des infirmiers de quitter leur travail. Selon une étude systématique réalisée en 2015, 25% des infirmiers aux urgences souffrent de burnout à différents niveaux, dont une des origines potentielles est la charge de travail (Bergman CL., 2012).

En 2016, une étude américaine a déterminé que le nombre de patients en charge par infirmier est l'un des deux facteurs importants qui entraine une augmentation de délai de la prise en charge des patients et qui limite l'efficacité d'un service d'urgence (Shindul-Rothschild J., 2017).

5 CONCLUSION

Au terme de notre étude, il ressort que la surcharge infirmière dans les structures sanitaires à un impact négatif sur la qualité de soins administrés aux malades et ceci présente des conséquences diverses et à des différents niveaux: l'environnement dans lequel vit les malades, la structure médicale ou le niveau opérationnel de soins, le niveau intermédiaire voire le niveau décisionnel.

Du point de vue personnalité infirmière, un surmenage est souvent observé chez plusieurs infirmiers surtout assurant les services de garde, de soins d'urgence, de néonatologie et de pédiatrie voire celles affectées dans le service de maternité dont toutes ces catégories du personnel sont obligées d'assurer les soins qui nécessitent une immobilité pour une surveillance permanente pour sauver la vie et éviter la survenue des complications en cours du traitement.

Ces conditions de travail sont à la base de déconcentration source de plusieurs faiblesses professionnelles lors des actes infirmiers. Il est donc à noter que l'adaptation des heures de service, le recrutement d'un nombre suffisant des infirmiers respectant les critères de sélection ainsi que la prise en charge correcte du personnel infirmier est une solution durable à la résolution de différents problèmes liés à la qualité de soins car l'infirmier reste le personnel le plus proche et influent du malade.

De plus, la prise de conscience par les gestionnaires à d différents niveaux est une priorité pour confronter les différents enjeux sanitaires et aussi prioriser une collaboration interpersonnelle afin d'assurer un succès de soins infirmiers, socle du bien- être complet du personnel infirmier et du malade.

REFERENCES

[1] DGGS - Service Data et Informations stratégiques. Caractéristiques des contacts avec les services des urgences entre 2010 et 2019 [Internet]. Belgique: SPF Santé Publique; 2022 Jan [cited 2022 May 15] p. 1–16. Available from: https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/18012022_evolutie_contacten_spoedgevallen_fr.pdf

[2] Driscoll A, Grant MJ, Carroll D, Dalton S, Deaton C, Jones I, et al. The effect of nurseto-patient ratios on nurse-sensitive patient outcomes in acute specialist units: à systematic review and meta-analysis. European Journal of Cardiovascular Nursing. 2018 Jan; 17 (1): 6–22.

[3] Van den Heede Koen, Bruyneel Luk, Beeckmans Dorien, Boon Niels, Bouckaert Nicolas, Cornelis Justien, et al. Safe nurse staffing levels in acute hospitals. Brussels: Belgian Health Care Knowledge Center; 2019. (KCE Reports). Report No.: 325.

[4] Pretorius A, Searle J, Marshall B. Barriers and Enablers to Emergency Department Nurses' Management of Patients' Pain. Pain Management Nursing. 2015 Jun; 16 (3): 372–9.

[5] Clopton EL, Hyrkäs EK. Modeling emergency department nursing workload in real time: An exploratory study. International Emergency Nursing. 2020 Jan; 48: 100793.

[6] Cullen DJ, Civetta JM, Briggs BA, Ferrara LC. Therapeutic intervention scoring system: a method for quantitative comparison of patient care. Critical Care Medicine. 1974 Mar; 2 (2): 57–60.

[7] Iordache S, Elseviers M, De Cock R, Van Rompaey B. Development and validation of an assessment tool for nursing workload in emergency departments. J Clin Nurs. 2020 Mar; 29 (5–6): 794–809.

[8] Rahman HA, Naing L, Abdul-Mumin K. High-dependency care: experiences of the psychosocial work environment. British Journal of Nursing. 2017 Nov 23; 26 (21): 1163–9.

[9] Van den Heede Koen, Dubois Cécile, Devriese Stephan, Baier Natalie, Camaly Olivier, Depuijdt Eveline, et al. Organisation et financement des services d'urgence en Belgique: situation actuelle et possibilités de réforme. Bruxelles: Centre Fédéral d'Expertise des Soins de Santé (KCE); 2016. (KCE Reports). Report No.: 263B.

[10] SPF Santé Publique. Institutions de soins [Internet]. SPF Santé publique, Sécurité de la chaine alimentaire et Environnement. 2022 [cited 2022 May 8]. Available from: https://www.health.belgium.be/fr/sante/organisation-des-soins-de-sante/partage-dedonnees-de-sante/institutions-de-soins.

[11] Lefèvre Mélanie, Gerkens Sophie. Évaluation de la soutenabilité du système de santé belge au moyen de projections. Bruxelles: Centre Fédéral d'Expertise des Soins de Santé (KCE); 2021. (KCE Reports). Report No.: 341.

[12] Bruyneel L, Thoelen T, Adriaenssens J, Sermeus W. Emergency room nurses' pathway to turnover intention: à moderated serial mediation analysis. J Adv Nurs. 2017 Apr; 73 (4): 930–42.

[13] Leduc S. Charge de travail. In: Psychologie du Travail et des Organisations [Internet]. Paris: Dunod; 2016. p. 79–84. (Psycho Sup). Available from: https://www.cairn.info/psychologie-du-travail-et-des-organisations--9782100738113-p79.htm

[14] Alghamdi MG. Nursing workload: à concept analysis. J Nurs Manag. 2016 May; 24 (4): 449–57.

[15] Enns CL, Sawatzky JAV. Emergency Nurses' Perspectives: Factors Affecting Caring. Journal of Emergency Nursing. 2016 May; 42 (3): 240–5.

[16] National Institute for Health Care Excellence. Safe staffing for nursing in adult inpatient wards in acute hospitals [Internet]. NICE London. 2014 [cited 2022 May 14]. Available from: https://www.nice.org.uk/guidance/sg1.

[17] Gouvernement fédéral. Arrêté royal portant fixation des normes auxquelles les hôpitaux et leurs services doivent répondre [Internet]. Oct 23, 1964. Available from: https://www.saintluc.be/sites/default/files/2020-09/arrete-royal-1964-10-23-normeshopitaux.pdf

[18] Gouvernement fédéral. Arrêté royal fixant les normes auxquelles une fonction de soins intensifs doit répondre pour être agréée [Internet]. Apr 27, 1998.
Available from: https://wallex.wallonie.be/de/contents/acts/4/4759/1.html?doc=8708&rev=7840-216&from=rss.

[19] Gouvernement wallon. Arrêté du Gouvernement wallon modifiant l'article 13 de l'arrêté royal du 27 avril 1998 fixant les normes auxquelles une fonction « soins urgents spécialisés » doit répondre pour être agréée [Internet]. Nov 12, 2021. Available from: https://wallex.wallonie.be/eli/arrete/2021/11/12/2021205473/2021/01/01.

[20] Jones G. Measuring patient dependency in the emergency department. Nursing Standard. 2015 Sep 9; 30 (2): 38–43.

[21] The Royal College of Emergency Medicine, Royal College of Nursing's Emergency Care Association. Nursing Workforce Standards for Type 1 Emergency Departments [Internet]. United Kingdom: Royal College of Nursing; 2020 Oct [cited 2022 May 15] p. 11. Available from: https://www.rcn.org.uk/Get-Involved/Forums/Emergency-Care-Association.

[22] Aiken LH, Sloane D, Griffiths P, Rafferty AM, Bruyneel L, McHugh M, et al. Nursing skill mix in European hospitals: cross-sectional study of the association with mortality, patient ratings, and quality of care. BMJ Qual Saf. 2017 Jul; 26 (7): 559–68.
[23] Bruyneel L, Li B, Ausserhofer D, Lesaffre E, Dumitrescu I, Smith HL, et al. Organization of Hospital Nursing, Provision of Nursing Care, and Patient Experiences With Care in Europe. Med Care Res Rev. 2015 Dec; 72 (6): 643–64.
[24] Bergman CL. Emergency Nurses' Perceived Barriers to Demonstrating Caring When Managing Adult Patients' Pain. Journal of Emergency Nursing. 2012 May; 38 (3): 218–25.
[25] Adriaenssens J, De Gucht V, Maes S. Determinants and prevalence of burnout in emergency nurses: A systematic review of 25 years of research. International Journal of Nursing Studies. 2015 Feb; 52 (2): 649–61.
[26] Shindul-Rothschild J, Read CY, Stamp KD, Flanagan J. Nurse Staffing and Hospital Characteristics Predictive of Time to Diagnostic Evaluation for Patients in the Emergency Department. Journal of Emergency Nursing. 2017 Mar; 43 (2): 138–44.
[27] Leary A, Punshon G. Determining acute nurse staffing: à hermeneutic review of an evolving science. BMJ Open. 2019 Mar; 9 (3): e025654.
[28] Bruyneel L, Sermeus W, McHugh M, Aiken L, Dello S, Kohnen D. Magnet4Europe - Improving mental health and wellbeing in the health care workplace [Internet]. 2022 [cited 2023 May 19].
Available from: http://www.isrctn.com/ISRCTN10196901.
[29] Sermeus W, Aiken LH, Van den Heede K, Rafferty AM, Griffiths P, Moreno-Casbas MT, et al. Nurse forecasting in Europe (RN4CAST): Rationale, design and methodology. BMC Nurs. 2011 Dec; 10 (1): 6.
[30] Adriaenssens J, De Gucht V, Maes S. Causes and consequences of occupational stress in emergency nurses, a longitudinal study. J Nurs Manag. 2015 Apr; 23 (3): 346–58. 31. Kelen GD, Wolfe R, D'Onofrio G, Mills AM, Diercks D, Stern SA, et al. Emergency Department Crowding: The Canary in the Health Care System. 2021.
[31] Wretborn J, Ekelund U, Wilhelms DB. Emergency Department Workload and Crowding During a Major Electronic Health Record Breakdown. Front Public Health. 2019 Sep 12; 7: 267.
[32] Wretborn J, Starkenberg H, Ruge T, Wilhelms DB, Ekelund U. Validation of the modified Skåne emergency department assessment of patient load (mSEAL) model for emergency department crowding and comparison with international models; an observational study. BMC Emerg Med. 2021 Dec; 21 (1): 21.
[33] ANACT. 4 choses à savoir sur la charge de travail [Internet]. Agence nationale pour l'amélioration des conditions de travail. 2020 [cited 2023 May 13]. Available from: https://www.anact.fr/4-choses-savoir-sur-la-charge-de-travail.
[34] Crouch R, Williams S. Patient dependency in the emergency department (ED): Reliability and validity of the Jones Dependency Tool (JDT). Accident and Emergency Nursing. 2006; 14 (4): 219–29.
[35] BEST - Baseline Emergency Staffing Tool [Internet]. The Royal College of Nursing. The Royal College of Nursing; 2021 [cited 2023 May 14]. Available from: https://www.rcn.org.uk/Get-Involved/Forums/Emergency-Care-Association/BEST-Tool 37. 2007.
[36] Varndell W, MacGregor C, Gallagher R, Fry M. Measuring patient dependency — Performance of the Jones Dependency Tool in an Australian Emergency Department. Australasian Emergency Nursing Journal. 2013 May; 16 (2): 64–72.
[37] Lāhdet EF, Suserud BO, Jonsson A, Lundberg L. Analysis of triage worldwide: Eric Fortes Lähdet and colleagues explore the issues that emergency department staff should consider when choosing the appropriate patient assessment method. Emergency Nurse. 2009 Jul 9; 17 (4): 16–9.
[38] Hobgood C, Villani J, Quattlebaum R. Impact of Emergency Department Volume on Registered Nurse Time at the Bedside. Annals of Emergency Medicine. 2005 Dec; 46 (6): 481.
[39] Garcia EDA, Fugulin FMT. Distribuição do tempo de trabalho das enfermeiras em Unidade de Emergência. Rev esc enferm USP. 2010 Dec; 44 (4): 1032–8.
[40] Wolters Kluwer. The importance of the optimal nurse-to-patient ratio [Internet]. Wolters Kluwer. 2016 [cited 2023 May 12]. Available from: https://www.wolterskluwer.com/en/expert-insights/the-importance-of-the optimalnursetopatient ratio#: ~: text=The%20right%20nurse%2Dto%2Dpatient%20staffing%20ratio&text=For%20example%2C%20the%20 nurse%2Dto, receiving%20treatment%2C%20the%20law%20states.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 749-755
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Modélisation du processus de conception et de production des didacticiels interactifs dans les dispositifs d'enseignement à distance et hybrides

[Modeling the design and production process of interactive tutorials in distance and hybrid teaching systems]

Maloba Kibango Lizziane

Departement des soins médicaux, Institut Supérieur Des Techniques Médicales De Lubumbashi, Lubumbashi, Haut-Katanga, RD Congo

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

ABSTRACT: The digital transformation of education requires a profound restructuring of pedagogical practices, particularly through the design and development of interactive instructional software adapted to distance and hybrid learning environments. This article examines the methodological framework underlying the conception and production of digital didactic materials as a strategic component of instructional engineering. The proposed approach is structured around six major stages: needs analysis, pedagogical design, technical design, multimedia production, testing and validation, and dissemination and evaluation. A practical case study involving the development of a tutorial on introductory Microsoft Excel skills for first-year university students illustrates the operationalization of the model. The findings emphasize the importance of pedagogical scripting, interactivity, and formative assessment in fostering digital competencies. The study concludes that computer-assisted instruction enhances pedagogy when integrated into a reflective, learner-centered instructional design process.

KEYWORDS: instructional design, didactic tools, distance learning, hybrid learning, e-learning, educational technology.

RESUME: La transformation numérique de l'enseignement impose une redéfinition des pratiques pédagogiques, notamment à travers la conception de didacticiels interactifs adaptés aux dispositifs d'apprentissage à distance et hybrides. Cet article analyse le processus méthodologique de conception et de production des didacticiels numériques comme levier stratégique d'ingénierie pédagogique. La démarche proposée repose sur six étapes: analyse des besoins, conception pédagogique, conception technique, production multimédia, test et validation, puis diffusion et évaluation. Une étude de cas portant sur la conception d'un didacticiel d'initiation à Microsoft Excel destiné aux étudiants de première année universitaire illustre l'opérationnalisation du modèle. Les résultats mettent en évidence l'importance de la scénarisation pédagogique, de l'interactivité et de l'évaluation formative dans le développement des compétences numériques. L'étude conclut que l'enseignement assisté par ordinateur constitue un outil d'enrichissement pédagogique lorsqu'il est intégré dans une démarche réflexive centrée sur l'apprenant.

MOTS-CLEFS: didacticiel, ingénierie pédagogique, enseignement à distance, formation hybride, e-learning, technologies éducatives.

1 INTRODUCTION

L'essor des technologies numériques a profondément transformé les modalités d'enseignement et d'apprentissage dans l'enseignement supérieur. L'émergence des environnements numériques d'apprentissage, des plateformes LMS et des outils interactifs impose une adaptation des pratiques pédagogiques traditionnelles.

Dans ce contexte, la conception de didacticiels numériques constitue un enjeu majeur pour garantir la qualité et l'efficacité des dispositifs d'enseignement à distance et hybrides. Toutefois, la production de supports interactifs ne saurait se limiter à une approche techniciste; elle doit s'inscrire dans une démarche d'ingénierie pédagogique structurée et centrée sur l'apprenant.

Cet article vise à proposer un cadre méthodologique de conception et de production des didacticiels numériques, illustré par une étude de cas appliquée à l'enseignement de l'informatique.

2 CADRE THEORIQUE

2.1 DIDACTICIELS ET INGÉNIERIE PÉDAGOGIQUE

Un didacticiel est un support pédagogique numérique interactif conçu pour faciliter l'acquisition de connaissances, de compétences ou de savoir-faire spécifiques. Il peut prendre différentes formes: tutoriel vidéo, module e-learning, simulation interactive ou exercice auto-évaluatif. Selon les principes de l'ingénierie pédagogique, la conception d'un dispositif d'apprentissage doit reposer sur:

- L'analyse des besoins;
- La définition d'objectifs pédagogiques mesurables;
- La structuration progressive des contenus;
- L'intégration d'activités interactives;
- L'évaluation des acquis (Branch, 2009).

2.2 ENSEIGNEMENT À DISTANCE ET HYBRIDATION

L'enseignement à distance et hybride repose sur l'articulation entre interactions numériques et présence pédagogique. L'efficacité de ces dispositifs dépend largement de la qualité des ressources proposées et de leur cohérence pédagogique (Moore & Kearsley, 2012).

2.3 MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION ET DE PRODUCTION

La conception d'un didacticiel suit un processus structuré en six étapes.

2.3.1 ANALYSE DES BESOINS

Cette étape consiste à:

- Identifier le profil des apprenants;
- Déterminer les objectifs pédagogiques;
- Analyser le contexte technologique et institutionnel.

2.3.2 CONCEPTION PÉDAGOGIQUE

Elle comprend:

- La structuration du contenu en modules;
- L'élaboration d'un scénario pédagogique;
- La conception des activités d'apprentissage;
- L'intégration d'évaluations formatives.

2.3.3 CONCEPTION TECHNIQUE

Il s'agit de:

- Sélectionner les outils de production;
- Définir les formats de diffusion;
- Planifier l'architecture technique du module.

2.3.4 PRODUCTION

Cette phase inclut:

- La rédaction des scripts;
- La création de supports multimédias;
- L'intégration sur une plateforme d'apprentissage.

2.3.5 TEST ET VALIDATION

Le didacticiel est testé afin de:

- Vérifier sa compatibilité technique;
- Évaluer sa compréhension par les utilisateurs;
- Apporter des ajustements.

2.3.6 DIFFUSION ET ÉVALUATION

Cette étape consiste à:

- Mettre en ligne le module;
- Recueillir les retours des apprenants;
- Mesurer l'efficacité pédagogique.

3 ÉTUDE DE CAS: DIDACTICIEL "PREMIERS PAS AVEC EXCEL"

3.1 CONTEXTE D'ÉTUDES

Public cible: étudiants de première année universitaire (Bac 1).

Objectif général: développer les compétences de base en Microsoft Excel.

3.2 OBJECTIFS PÉDAGOGIQUES

À l'issue du module, l'étudiant doit être capable de:

- Créer un tableau simple;
- Utiliser des formules de base (somme, moyenne);
- Mettre en forme des données;
- Créer un graphique.

3.3 SCÉNARISATION PÉDAGOGIQUE

Le module comprend:

- Introduction vidéo;
- Exploration interactive de l'interface;
- Exercices guidés;
- Quiz interactifs;
- Évaluation finale pratique.

3.4 OUTILS UTILISÉS

- Logiciels de capture d'écran;
- Outils de conception interactive;
- Plateforme LMS pour la diffusion.
- Création vidéo: Screencast-O-Matic ou Camtasia Studio
- Montage et narration: Canva Video, Audacity
- Conception interactive: Genially ou H5P
- Support de diffusion: Moodle ou Google Classroom, USB
- Casque ou micro sans fil

4 RESULTATS OBSERVES

Les tests réalisés auprès d'un groupe pilote ont montré:

- Une amélioration de la compréhension des fonctionnalités de base;
- Une augmentation de l'engagement des étudiants;
- Une meilleure autonomie dans la manipulation du logiciel.
- Script vidéo rédigé à l'avance
- Captures d'écran ou enregistrements écran pour les démonstrations
- Quiz interactifs intégrés via H5P
- Fichier Excel modèle fourni à l'étudiant

4.1 OUTIL DE CREATION DU DIDACTICIEL D'APPRENTISSAGE D'EXCEL

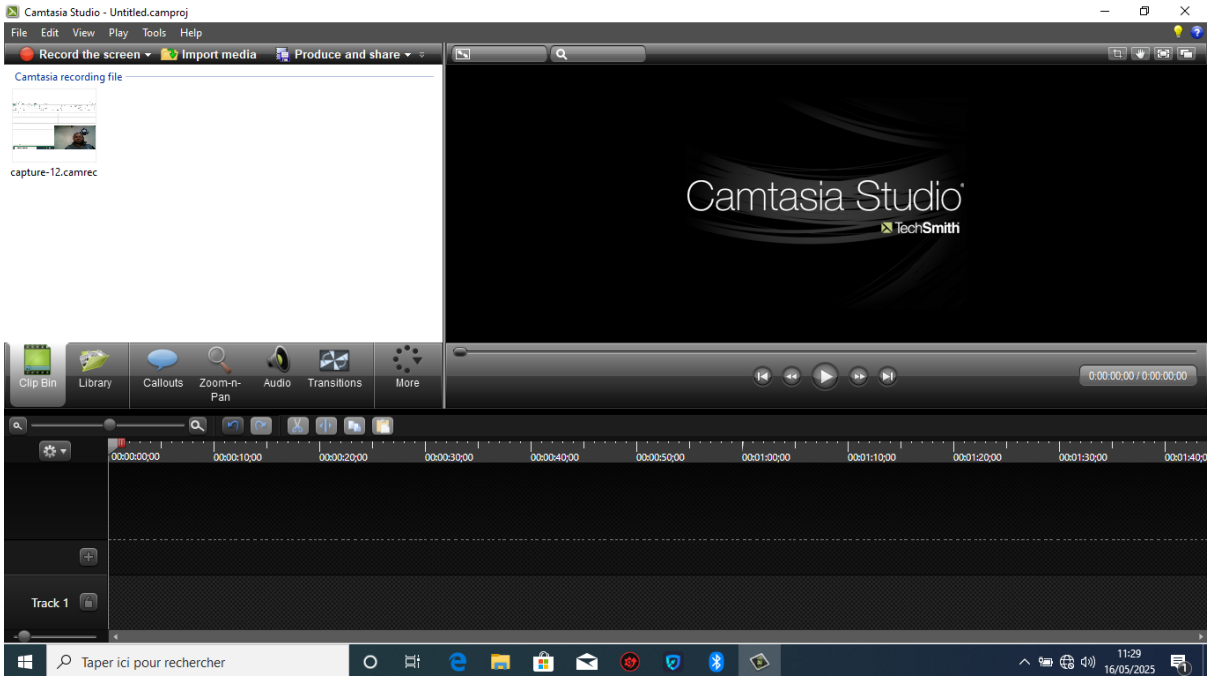


Fig. 1. Outil de création du didacticiel d'apprentissage d'excel

4.2 DEMONSTRATION DE CREATION DU DIDACTICIEL D'APPRENTISSAGE D'EXCEL

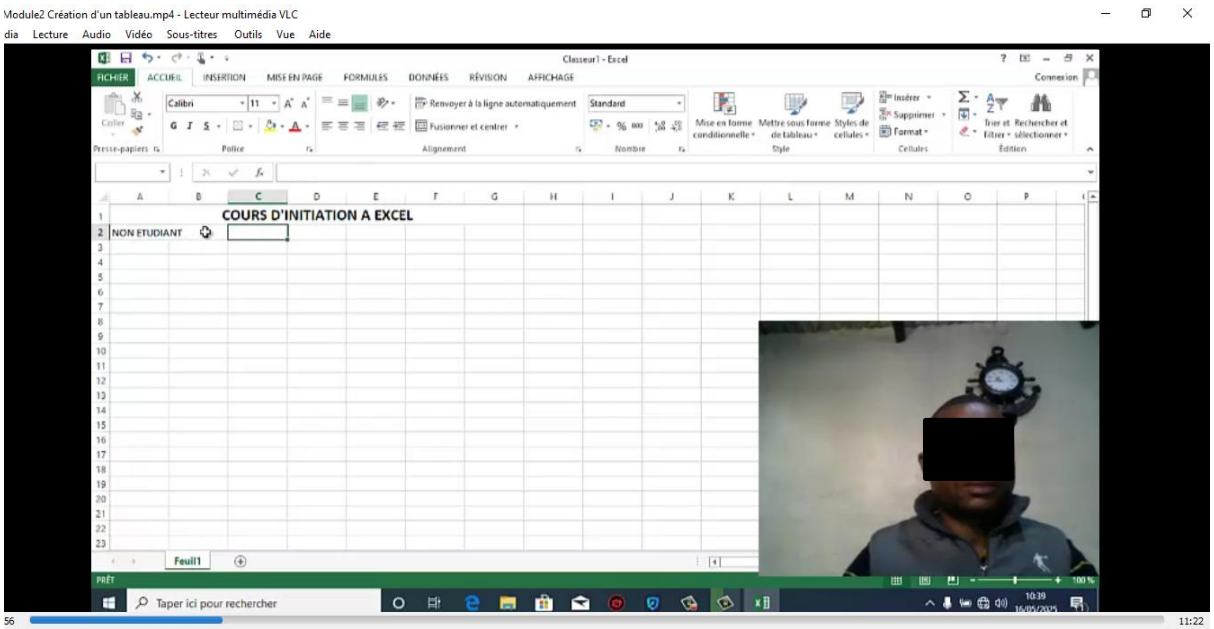


Fig. 2. Démonstration de la création du didacticiel d'apprentissage d'excel

4.3 FICHE DE CONCEPTION PÉDAGOGIQUE

4.3.1 INFORMATIONS GÉNÉRALES

- **Titre du didacticiel:** Premiers pas avec Excel
- **Public cible**: Étudiants Bac 1 (tous domaines, débutants en informatique)
- **Durée estimée**: 45 minutes à 1 heure
- **Contexte d'utilisation**: Cours d'informatique – initiation, en présentiel ou à distance
- **Mode de diffusion:** Moodle / Google Classroom

4.3.2 OBJECTIFS PÉDAGOGIQUES

- À l'issue du didacticiel, l'étudiant sera capable de:
- Identifier les éléments de l'interface Excel
- Créer un tableau simple avec des données
- Utiliser les formules de base (somme, moyenne)
- Mettre en forme un tableau
- Générer un graphique à partir de données

4.3.3 CONTENUS ET ACTIVITÉS

Tableau 1. Activités Pédagogiques

Activité	Objectif visé	Modalité
Quiz diagnostic en ligne	Évaluer les connaissances de départ	Autonome
Tutoriel vidéo + démonstration guidée	Découverte de l'interface Excel	Présentiel ou à distance
Exercices de saisie et de calcul	Appliquer les fonctions de base	Individuel avec feedback
Étude de cas simple (budget mensuel)	Mettre en pratique les acquis	Travail en binôme
Mini-projet : création d'un tableau + graphique	Mobiliser plusieurs compétences	Projet supervisé
Évaluation formative	Valider la compréhension	En ligne ou papier

5 ÉVALUATION

Formative: Quiz après chaque module

Certificative: Réalisation et soumission d'un tableau Excel comportant données, formules et graphique

5.1 RESSOURCES NÉCESSAIRES

- Ordinateur avec Excel installé
- Connexion Internet
- Plateforme de diffusion (Moodle, Classroom)
- Outils de production multimédia: Screencast-O-Matic, Genially, H5P

5.2 SUIVI ET AMÉLIORATION

- Collecte de feedbacks via formulaire anonyme après utilisation
- Analyse des résultats aux quiz pour ajuster les contenus

6 DISCUSSION

Les résultats confirment que la conception structurée des didacticiels favorise l'apprentissage actif et l'engagement. Cependant, l'intégration technologique ne constitue pas une solution universelle. La qualité pédagogique dépend avant tout de la pertinence des objectifs, de la cohérence du scénario et de l'adéquation aux besoins des apprenants. La réflexion didactique préalable apparaît donc essentielle pour éviter une approche purement technologique.

L'analyse de la conception et de la production du didacticiel "Premiers pas avec Excel" met en évidence plusieurs dimensions pédagogiques et technologiques qui influencent directement l'efficacité de l'enseignement à distance et hybride.

6.1 PERTINENCE PÉDAGOGIQUE ET SCÉNARISATION

Le succès d'un didacticiel dépend avant tout de la qualité de sa scénarisation pédagogique. Dans notre étude de cas, le découpage en modules progressifs (interface, création de tableaux, formules, mise en forme et graphiques) a permis de respecter le principe de progression graduée des apprentissages, favorisant la consolidation des compétences étape par étape. La structuration claire et logique des contenus réduit la surcharge cognitive et améliore la compréhension, conformément aux théories de l'apprentissage cognitif (Sweller, 1988).

Par ailleurs, l'intégration d'activités interactives et d'évaluations formatives a renforcé l'engagement des étudiants et permis de mesurer en continu la maîtrise des compétences. Ces résultats soulignent que l'interactivité pédagogique, lorsqu'elle est pensée dans la conception, est un facteur clé pour stimuler l'autonomie et l'apprentissage actif.

6.2 IMPACTS DE LA TECHNOLOGIE

L'utilisation d'outils numériques tels que Genially, H5P ou les plateformes LMS a permis de rendre le didacticiel multimodal et interactif. Toutefois, il est apparu que la technologie, si elle n'est pas correctement intégrée dans une démarche pédagogique réfléchie, ne garantit pas l'efficacité de l'apprentissage. Par exemple, des modules riches en multimédia mais dépourvus de guidage ou d'évaluation formative peuvent entraîner une dispersion cognitive ou un décrochage des étudiants.

Ainsi, la technologie doit être envisagée comme un levier pédagogique, non comme une fin en soi. L'équilibre entre contenu, scénario et support technique est essentiel pour maximiser l'apprentissage.

6.3 ADAPTATION AU PUBLIC CIBLE

L'analyse des besoins a révélé l'importance d'adapter les didacticiels au profil des apprenants, notamment en termes de niveau de compétence et d'expérience préalable avec l'outil numérique. Dans notre étude de cas, la prise en compte du fait que les étudiants étaient débutants en informatique a guidé la conception de tutoriels simples et guidés, avec des instructions étape par étape et des démonstrations visuelles.

Cette personnalisation du contenu est cohérente avec les principes de l'ingénierie pédagogique centrée sur l'apprenant (Dick, Carey, & Carey, 2014), qui préconisent de concevoir des dispositifs adaptés aux besoins, aux contraintes et aux motivations des apprenants.

6.4 LIMITES ET PERSPECTIVES

Malgré les résultats positifs, certaines limites apparaissent. Premièrement, l'étude repose sur un groupe pilote restreint, ce qui limite la généralisation des résultats. Deuxièmement, la réussite pédagogique dépend également de l'accompagnement des enseignants et de la motivation intrinsèque des étudiants, facteurs difficiles à standardiser.

En perspective, la conception de didacticiels pourrait bénéficier de l'intégration de technologies adaptatives, capables de proposer des parcours personnalisés selon les performances et préférences des apprenants. L'analyse continue des retours utilisateurs et l'itération des contenus constituent également un axe majeur d'amélioration.

7 CONCLUSION

La conception et la production de didacticiels numériques constituent un levier stratégique pour l'enseignement à distance et hybride. Lorsqu'elles reposent sur une démarche méthodique d'ingénierie pédagogique, elles favorisent le développement des compétences et l'autonomie des apprenants. Toutefois, leur efficacité dépend de l'équilibre entre innovation technologique et rigueur pédagogique.

La transformation numérique de l'enseignement impose une restructuration des pratiques pédagogiques, notamment à travers la conception de didacticiels interactifs adaptés aux environnements d'apprentissage à distance et hybrides. Cet article analyse le processus méthodologique de conception et de production des didacticiels numériques en tant qu'outil stratégique d'ingénierie pédagogique.

La démarche proposée s'articule autour de six étapes principales: l'analyse des besoins, la conception pédagogique, la conception technique, la production multimédia, le test et la validation, ainsi que la diffusion et l'évaluation. Cette structuration vise à garantir la cohérence entre les objectifs pédagogiques, les profils des apprenants, les contenus d'apprentissage et les modalités d'interaction.

À travers une étude de cas portant sur la conception d'un didacticiel d'initiation à Microsoft Excel destiné aux étudiants de première année universitaire, l'article illustre la mise en œuvre concrète du modèle proposé. L'exemple met en évidence l'importance de la scénarisation pédagogique, de l'interactivité et de l'évaluation formative dans le développement des compétences numériques.

L'étude souligne que l'enseignement assisté par ordinateur ne constitue pas une solution universelle, mais représente un levier d'innovation pédagogique lorsqu'il est intégré dans une démarche réflexive centrée sur les besoins d'apprentissage. La conception de didacticiels apparaît ainsi non seulement comme un processus technique, mais surtout comme une activité didactique exigeant une analyse approfondie des objectifs, des contenus et des modes d'acquisition des connaissances.

L'enseignement est l'une des activités parmi les plus difficiles, exigeant une constante remise en question. Il n'existe et ne peut exister aucune méthode pédagogique parfaite, aucune technique infaillible et l'enseignement assisté par ordinateur n'est pas une panacée. Mais, dûment considérée, l'utilisation de l'ordinateur peut contribuer à un notable enrichissement de la pédagogie. L'élaboration de didacticiels peut s'avérer profitable pour tout enseignant, et pour l'enseignement, dans la mesure où on est conduit à se poser de nouveaux problèmes didactiques; où on doit s'interroger non seulement sur la matière à enseigner, mais aussi sur les activités pédagogiques, sur les élèves, les modes d'acquisition des connaissances, les représentations. Il apparaît souhaitable de réfléchir avant tout aux nécessités *pédagogiques,* sans se laisser arrêter, freiner, par des obstacles techniques, informatiques - obstacles supposés ou réels et qui, en raison de la rapidité de l'évolution technologique, ne sont peut-être que temporaires.

REFERENCES

[1] Branch, R. M. (2009). Instructional design: The ADDIE approach. Springer.
[2] Moore, M. G., & Kearsley, G. (2012). *Distance education: A systems view of online learning* (3rd ed.). Wadsworth.
[3] Paquette, G. (2002). L'ingénierie pédagogique: Pour construire l'apprentissage en réseau. Presses de l'Université du Québec.
[4] Paquette, G. (2002). Modélisation des connaissances et des compétences. Québec: Presses de l'Université du Québec.
[5] Lebrun, M. (2007). Des technologies pour enseigner et apprendre: Un cadre de référence pour l'intégration pédagogique des TIC. Bruxelles: De Boeck.
[6] Reigeluth, C. M. (1999). Instructional-design Theories and Models: A New Paradigm of Instructional Theory (Vol. 2). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
[7] Tardif, J. (2006). L'évaluation des compétences: Documenter le parcours de développement. Montréal: Chenelière Éducation.
[8] Robert, A. & Bréard, P. (2001). «Conception de didacticiels: approche cognitive et ergonomique». Revue STICEF, 8.
[9] Tricot, A. (2003). «Apprendre avec les technologies: une question de conception». Revue Française de Pédagogie, 143, 95-122.
[10] Koper, R. & Tattersall, C. (2005). Learning Design: A Handbook on Modelling and Delivering Networked Education and Training. Springer.
[11] SCORM (Sharable Content Object Reference Model). (Dernière version consultée sur www.adlnet.gov).
[12] ISO/IEC 19796-1. (2005). Information technology — Learning, education and training — Quality management, assurance and metrics — Part 1: General approach. ISO.
[13] Eduscol – Ressources pour les professionnels de l'éducation.
[14] Canopé – Réseau de création et d'accompagnement pédagogiques.
[15] Dick, W., Carey, L., & Carey, J. O. (2014). *The systematic design of instruction* (8th ed.). Pearson.
[16] Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science, 12* (2), 257–285.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 756-768
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Politiques publiques et opérations de déguerpissement dans la ville de Daloa (Centre-Ouest Ivoirien)

[Public policies and eviction operations in the city of Daloa (Central-Western Ivory Coast)]

Kokou Gilles Mawéna Eklou[1] and Emile-Aurelien Ahua[2]

[1]Géographie, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

[2]Géographie, Université Alassane Ouattara, Bouaké, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: In Côte d'Ivoire, due to the disorder observed in urban areas, public authorities, within the context of sustainable development, are developing various policies, such as eviction, with the aim of cleaning up the chaotic occupation of spaces. In the city of Daloa, a hub of Haut-Sassandra (central-western Ivory Coast), this eviction policy is a real issue faced by public authorities who struggle with the relocation of the evicted populations. This paper aims to analyze the mechanisms of population eviction and the strategies considered for their relocation. To achieve this objective, the research methodology was built on a mixed approach; both qualitative and quantitative. The data used comes from interview surveys with local authorities. Additionally, a questionnaire survey was conducted among the evicted populations (economic actors and households). This method was reinforced by the SWOT analysis to understand the long-term challenges of these initiatives. The main findings of the study indicate that clearance in the city has positively contributed to improving basic infrastructure and the well-being of the population. However, the relocation of people and their settlements to other sites poses a problem, namely the care and relocation of displaced populations. This issue is explained by the lack of funding and strategy from local authorities. As a result, these populations remain vulnerable and live in a state of permanent precariousness.

KEYWORDS: public policy, sustainable management, demarcation, governance.

RESUME: En Côte d'Ivoire, en raison de l'anarchie observée en milieu urbain, les pouvoirs publics, dans un contexte de développement durable, élaborent diverses politiques à l'exemple du déguerpissement dans l'objectif d'assainir l'occupation anarchique des espaces. Dans la ville de Daloa, pôle du Haut-Sassandra (Centre-ouest ivoirien), cette politique de déguerpissement est une réelle problématique à laquelle sont confrontés les pouvoirs publics en proie à des difficultés de relocalisation de ces populations déguerpies. La présente contribution vise à analyser les mécanismes du déguerpissement des populations et les stratégies envisagées pour les relocaliser. Pour atteindre cet objectif, la méthodologie de recherche s'est construite à partir d'une approche mixte; qualitative et quantitative. Les données mobilisées sont issues des enquêtes par entretien auprès des collectivités. Aussi, une enquête par questionnaire a été menée auprès des populations déguerpies (acteurs économiques et ménages). Cette méthode a été consolidée par la méthode SWOT pour comprendre les enjeux sur le long terme de ces initiatives. Les principaux résultats de l'étude indiquent que le déguerpissement dans la ville a contribué sainement à améliorer l'état des infrastructures de base et le bien-être des populations. En revanche, le déguerpissement des populations et leurs installations sur d'autres sites pose un problème, celui de la prise en charge et de la relocalisation des populations déguerpies. Ce problème s'explique par le manque de financement et de stratégie des autorités locales. Ce faisant, ces populations restent vulnérables et vivent dans un état de précarité permanent.

MOTS-CLEFS: politique publique, gestion durable, déguerpissement, gouvernance, relocalisation.

1 INTRODUCTION

Selon l'ODD 11 intitulé « *villes et communautés durables »,* le monde fait face à une forte expansion des espaces urbains liée à une croissance démographique rapide et à un exode rural massif. A ce rythme, (d'ici 2030) l'accès aux services et aux ressources de base notamment, le logement doit être une priorité pour les Etats (ONU, 2024, p.1). Ce faisant, L'ODD 11 soutient qu'il faut faire en sorte que les villes et les établissements humains soient ouverts à tous, sûrs, résilients et durables par un accès de tous à un logement et des services de base adéquats et sûrs, à un coût abordable. Cet objectif vise à assurer à tous un logement décent en assainissant les quartiers de taudis (ODD 11.1). Le point trois (3) de cet objectif vise donc à réhabiliter et à planifier les villes, en renforçant l'urbanisation durable pour tous (ONU, 2024, p.1). La Côte d'Ivoire ayant souscrit à ces principes de

développement s'est engagée ces dernières années dans la gestion nouvelle et durable des villes. Parmi les actions mises en œuvre figure le déguerpissement. Par définition, le déguerpissement est une opération par laquelle il est fait obligation, pour des motifs d'utilité publique, à des occupants d'une terre appartenant à la puissance publique de l'évacuer. Il permet donc de mettre fin à une situation d'occupation illégale d'un terrain, (C. Bouquet et I. Kassi, 2014, p.2). La relocalisation quant à elle, est un système, une stratégie qui vise à trouver un nouveau site pour soit s'installer en tant que personne délocalisée ou être installée par l'autorité publique (V. Koné, 2025, p.1535; A. Spire et *al.,* 2014, p.139). L'usage du déguerpissement comme mode de régulation de l'espace urbain est un procédé qui remonte à la période coloniale. Pour résoudre le problème de l'occupation « anarchique » du domaine public, les pouvoirs politiques n'avaient souvent pas d'autre choix que de détruire (C. Bouquet et I. Kassi, 2014, p.2). Selon A. Spire et *al.,* (2014, p.129), dans les villes africaines, chaque déguerpissement s'accompagne d'un rapport de force autour d'une localisation donnée entre les acteurs justifiant le nécessaire déplacement de certains citadins (au sens propre de production d'un discours sur le « juste ») et les individus concernés. Ainsi, les déguerpissements sont orchestrés tout autant par l'État central que par les pouvoirs publics locaux. Les perceptions ainsi que les discours institutionnels et communautaires autour de ce concept traduisent des conceptions paradoxales de ce qui est légitimité ou légalité de cette initiative. En effet, les paramètres autour de cette politique caractérisée parfois par la violence, les récidives, l'injustice spatiale, l'augmentation de la précarité et de la pauvreté, l'absence de stratégie de relocalisation, posent la question de la légitimité de cette initiative constamment controversée. En faisant le lien avec les prescriptions des objectifs du développement durable (ODD), il ressort d'énormes ambiguïtés, dont le fondement s'observe par exemple dans le contenu de l'ODD 11 qui lui-même encourage les initiatives en faveur de la ville durable par l'assainissement et la ré-planification.

Daloa, ville du centre-ouest de la Côte d'Ivoire, considérée comme la quatrième grande agglomération du pays, continue de connaître une augmentation de sa population qui passe de 60 837 habitants en 1998 à 421 870 habitants en 2021, de son espace qui passe de 3 876 hectares en 2014 pour atteindre 9 230 hectares en 2020 ainsi que des services, notamment les structures administratives publiques et privées (INS, 1998; 2021; L. M. E. Atsé, 2023, p.109). La combinaison de ces différentes caractéristiques traduit l'urbanisation rapide de la ville de Daloa. Toutefois, cette urbanisation accélérée est mal maitrisée et s'illustre par une occupation anarchique de l'espace. Dans ce contexte, les autorités locales ont mis en œuvre différentes stratégies pour déguerpir les populations afin de rendre la ville plus saine, tout en planifiant les programmes de développement. La construction des infrastructures et des services a été possible par cette opération entamée depuis 2016. Cependant, dans sa mise en œuvre, il est donné de constater que plusieurs populations déguerpies n'ont pas été relogées. En conséquence, 82% de cette population se trouve dans un état de précarité permanente. À Daloa, ces populations sont confrontées à d'énormes défis, parmi lesquels figure l'augmentation des coûts du loyer, l'absence de matériau pour les constructions, la difficile appropriation du foncier, la cherté des terrains et des parcelles. Alors que les opérations de déguerpissement se poursuivent. Dorénavant, il en découle que cette méthode d'aménagement dans la ville de Daloa alimente de nombreuses controverses quant aux enjeux et à sa portée réelle. Ce constat permet de s'interroger sur les causes du choix du déguerpissement dans la ville de Daloa, les mécanismes de mises en œuvre et les impacts sur l'aménagement du territoire. Ces questionnements qui font l'objet de notre réflexion seront traitée autour de trois points. D'abord, il s'agira de présenter les facteurs de la politique de déguerpissement. Ensuite, il sera question de présenter ses méthodes et sa mise en œuvre. Enfin, une analyse sur les difficultés de relocalisation et ses impacts va s'en suivre.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Daloa, la ville concernée par notre étude, est située dans le centre-ouest de la Côte d'Ivoire, plus précisément dans la région du Haut-Sassandra. C'est une ville carrefour qui relie Abidjan à Man, ainsi que San-Pedro à Odienné. Chef-lieu de région et de département, elle est limitée au nord par Vavoua, au sud par Issia, à l'est par Bouaflé et à l'ouest par Zoukougbeu (voir la Fig.1).

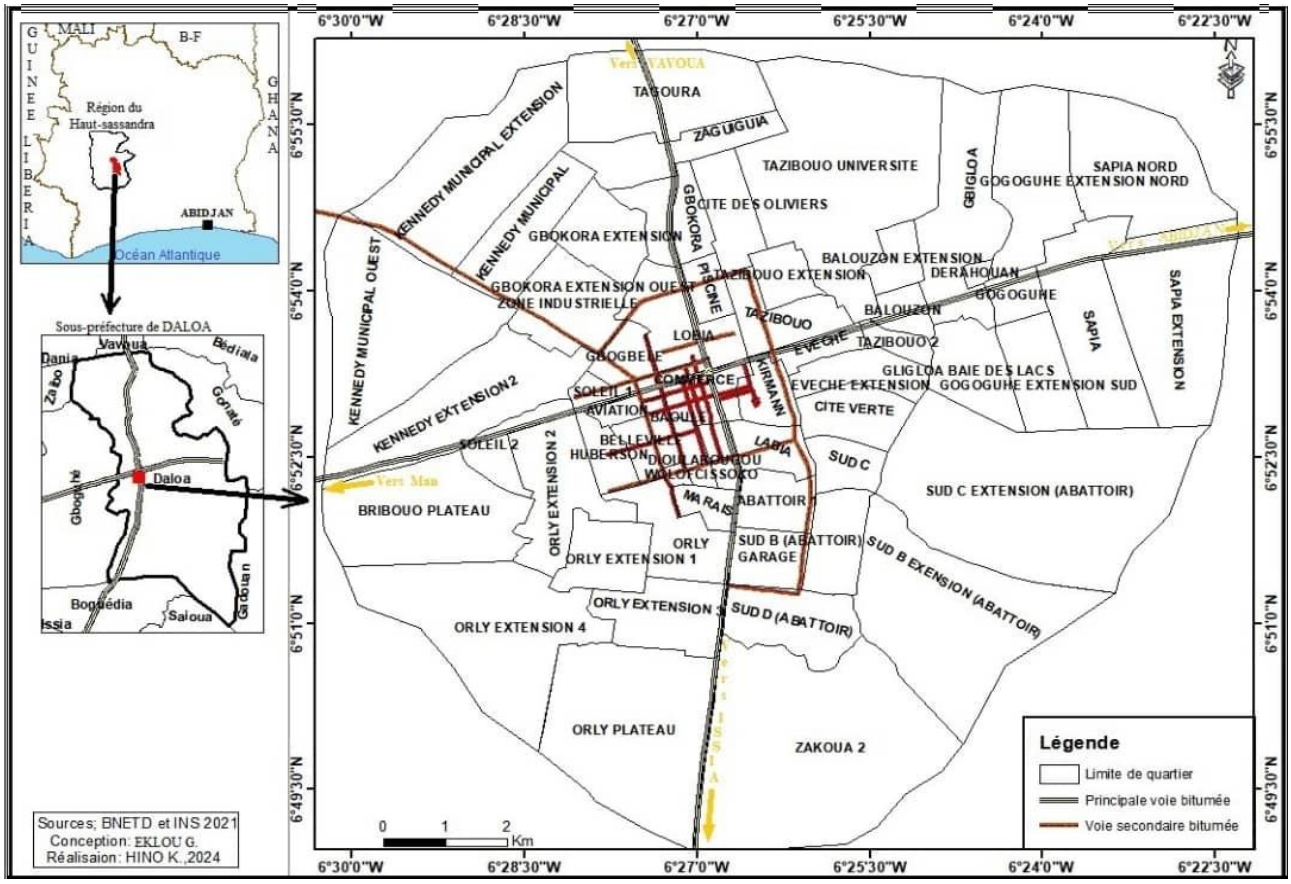


Fig. 1. Présentation de la zone d'étude

2.2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

L'ambition de cette de recherche est d'élaborer un cadre de réflexion capable de rendre compte des effets réels de certaines politiques de développement controversées en vue d'une prise de position par différents acteurs (politiques, chercheurs, populations, etc.). La question du déguerpissement a été largement traitée par les sciences sociales particulièrement en Géographie. En revanche, si ce sujet ouvre des perspectives intéressantes, il faut souligner une absence de consensus sur la portée de cette politique. Entre admiration et rejet cette politique par différents acteurs, dans notre étude nous avons effectué un bilan de celle-ci, tout en mettant l'accent sur les processus de relocalisation des populations déguerpies. Pour étudier ce phénomène; il est donc essentiel, en premier lieu, d'identifier les sites qui ont été l'objet de déguerpissement. Ces espaces constituent, à la base, les principaux sites de nos investigations. Ensuite, les quartiers visés pour être déguerpies à l'avenir constituent d'autres sites de notre enquête de terrain. Enfin, les quartiers ou les sites destinés à accueillir les populations déguerpies (espaces de relocalisation) seront également des espaces clés pour notre collecte de données. Au total, cinq (5) quartiers ont été sélectionnés pour mener cette étude notamment quatre (4) quartiers déguerpis et un (1) quartier relocalisé (Fig. 2).

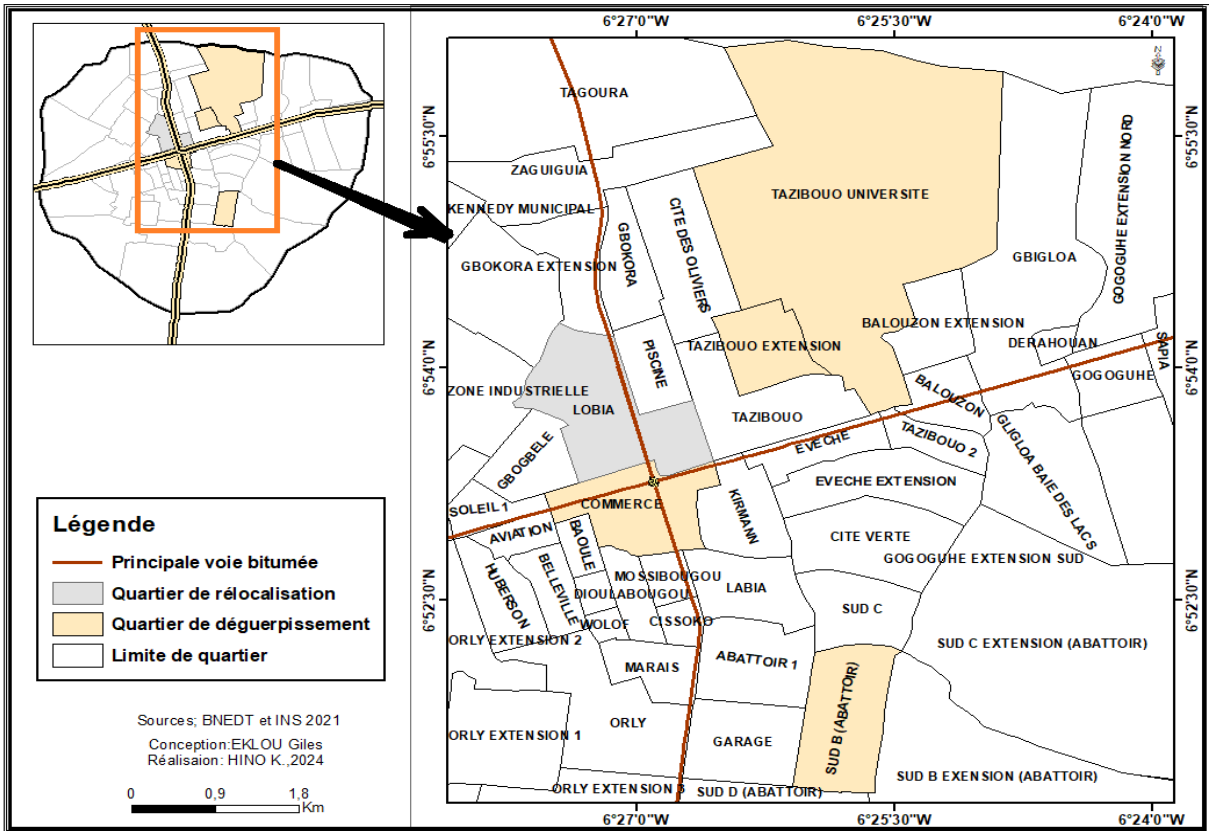


Fig. 2. Les différents sites enquêtés

Ces sites d'enquête ne se ressemblent pas, mais se concilient selon un lien logique car le déguerpissement est une forme de déplacement forcé des populations, tandis que la relocalisation est une mobilité sous contrainte et non un simple déplacement. Ces mouvements sous contrainte s'accompagnent d'une série de changements socio-culturels et économiques pour les individus concernés qui peuvent bouleversés les modes de vie. Le déguerpissement contribue donc à une recomposition de l'espace.

Pour mieux interroger les populations, nous avons structuré notre questionnaire autour de trois principales interrogations. Nous avons questionné le mode d'information des populations avant la mise en œuvre de l'opération, les mécanismes de relocalisation (conditions similaires, meilleures conditions, conservation des activités, etc.) et les opinions et aspirations des acteurs. En nous focalisant sur les populations concernées, nous avons enquêté 63 ménages. Le choix de ces ménages repose sur trois critères. Le premier critère est la proximité des ménages aux sites déguerpis. Dans ce critère, les ménages sont soit des occupants du site, soit des résidents à proximité. Le second critère est la durée d'installation des ménages sur ou à proximité de ces sites. Ce critère concerne les ménages dont une durée d'installation est supérieure ou égale à un (1) an. Le troisième critère est relatif à la propriété. Pour ce critère, les ménages interrogés sont les propriétaires des habitations ou des activités économiques concernées par le déguerpissement. Le tableau 1 fait la répartition des ménages enquêtés dans les quartiers de déguerpissements.

Tableau 1. Populations cibles et sites de l'enquête

Statut des enquêtés	Quartier de l'enquête	Nombre d'enquêtés
Populations déguerpies et non relocalisées	Commerce	12
	Tazibouo Université	11
	Tazibouo Extension	15
	Abattoir 2	10
Populations relocalisées	Lobia (piscine)	15
Totaux		63

Source: enquête de terrain, 2024

En plus des ménages, nous avons choisi d'enquêter les acteurs économiques, qui ont été aussi concernés par les opérations. Ce choix nous invite à considérer les changements d'espaces économiques comme déclencheurs de changements de modes de vie. À cet effet, nous avons interrogé 17 acteurs économiques ayant été relocalisés sur un nouveau site (personnellement ou par l'État). A ces enquêtes s'ajoutent des entretiens semi-directifs que nous avons menés d'une part auprès des autorités locales notamment le directeur technique de la mairie et le responsable du service

de permis de construire de la construction, et d'autre part auprès des présidents de quartiers dans lesquels les déguerpissements ont eu lieu. Au cours de ces échanges avec les pouvoirs publics, nous avons cherché à connaître le calendrier prévisionnel des actions, le bilan des premières opérations, les mécanismes de mise en œuvre, les difficultés sur le terrain et les perspectives. Le contenu de notre guide d'entretien conduit à s'intéresser aux logiques d'actions de cette opération. Il permet de mener une réflexion globale sur sa pertinence. Toutefois, à la suite de ces discussions, dans un contexte d'analyse critique des informations recueillies, nous avons décidé de mener des observations sur le terrain.

Dans l'ensemble, cette méthodologie permet de dresser un bilan des politiques de déguerpissement et d'en dégager ses enjeux. En utilisant une analyse cartographique et statistique pour traiter les données, nous avons pu présenter la réalité du phénomène dans toutes ses composantes. Pour terminer notre analyse, nous avons utilisé la méthode SWOT afin d'aider les collectivités à repenser leurs approches de planification.

3 RÉSULTATS DE L'ÉTUDE

3.1 LES POLITIQUES LOCALES DE LA VILLE DURABLE À DALOA: LE CHOIX DES OPÉRATIONS DE DÉGUERPISSEMENT

3.1.1 LE DÉGUERPISSEMENT, UNE INITIATIVE EN RÉPONSE À L'ANARCHIE URBAINE ET AUX OCCUPATIONS DU DOMAINE PUBLIC (ODP)

Daloa connait une urbanisation accélérée qui se traduit par une augmentation de sa population qui passe de 60 837 habitants en 1998 à 421 870 habitants en 2021, de son espace, qui passe de 3 876 hectares en 2014 pour atteindre 9 230 hectares en 2020 ainsi que des services notamment les structures administratives publiques et privées (INS, 1998; 2021; Atsé L. M. E, 2023, p.109). Cette urbanisation de Daloa s'accompagne de nombreux problèmes, comme l'occupation anarchique des espaces. En moins de dix ans, de nombreux individus ont occupé illégalement le domaine public ou des zones à risques à l'exemple des routes et des voies, sur des canalisations, sous des lignes à hautes tensions ou dans des bas-fonds. Sur cette base, le déguerpissement est présenté comme une mesure pour résoudre les problèmes de vulnérabilité et de précarité. Loin d'être une simple action de déloger les populations, elle vise à les protéger. Le graphique suivant montre la part des populations selon le motif de leur déguerpissement.

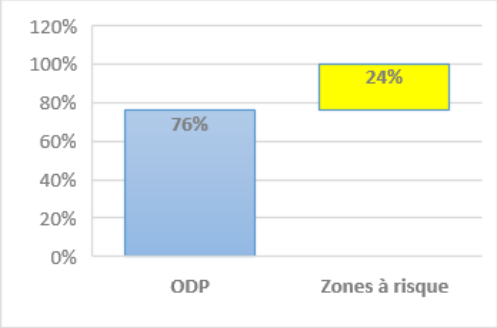


Fig. 3. Motif de déguerpissement des populations

Source: Nos enquêtes, janvier – avril 2024

Nous observons à travers ce graphique que 74% des populations déguerpies étaient concernées par l'ODP (Occupation du Domaine Public). 16% d'entre elles logeaient sur des sites dangereux. Il s'agissait notamment des habitations sur des routes et des voies, sur des canalisations, sous des lignes à hautes tensions ou dans les zones inondables. Ces populations étaient donc exposées aux risques d'inondations, aux éboulements et aux incendies. Les figures suivantes caractérisent des exemples de constructions sous les hautes tensions électriques.

Fig. 4. Vues des ODP au quartier Tazibouo

Source: EKLOU Gilles, février 2024

Ces figures montrent la construction d'habitations dans des zones très dangereuses en particulier sous des lignes à haute tension. Le déguerpissement permet donc de minimiser les risques. Sur les 4 sites devant faire l'objet de déguerpissement, 2 sites ont été déguerpis (Abattoir 2 et Commerce) et 1 seul a bénéficié du programme de relocalisation (Commerce). Les deux autres sont en attente. Il est important de souligner qu'il est prévu sur ces sites des programmes d'assainissement, de réhabilitation et de construction de routes et de voiries. Il s'agit de voies internes (entre quartiers) et de voies externes (reliant les villes). Afin de permettre une meilleure gestion de l'opération, les pouvoirs publics procèdent à l'élaboration d'une procédure minutieuse qu'il convient d'analyser.

3.1.2 Les Méthodes De Mises En Œuvre Et D'application Des Opérations De Déguerpissement

Trois grandes méthodes ont été utilisées pour les opérations de déguerpissement, d'après nos discussions avec les autorités locales.

La première méthode consiste à identifier ou à repérer les zones rouges ou les zones à risque à déguerpir. Les autorités, d'une part à travers les visites et les observations sur le terrain repèrent les zones rouges ou les zones à risque. D'autre part, ces derniers, par la cartographie de la ville identifient les zones rouges qui sont en effet des sites localisés dans les vallées drainées (bas-fonds) comme le présente la Fig. 5.

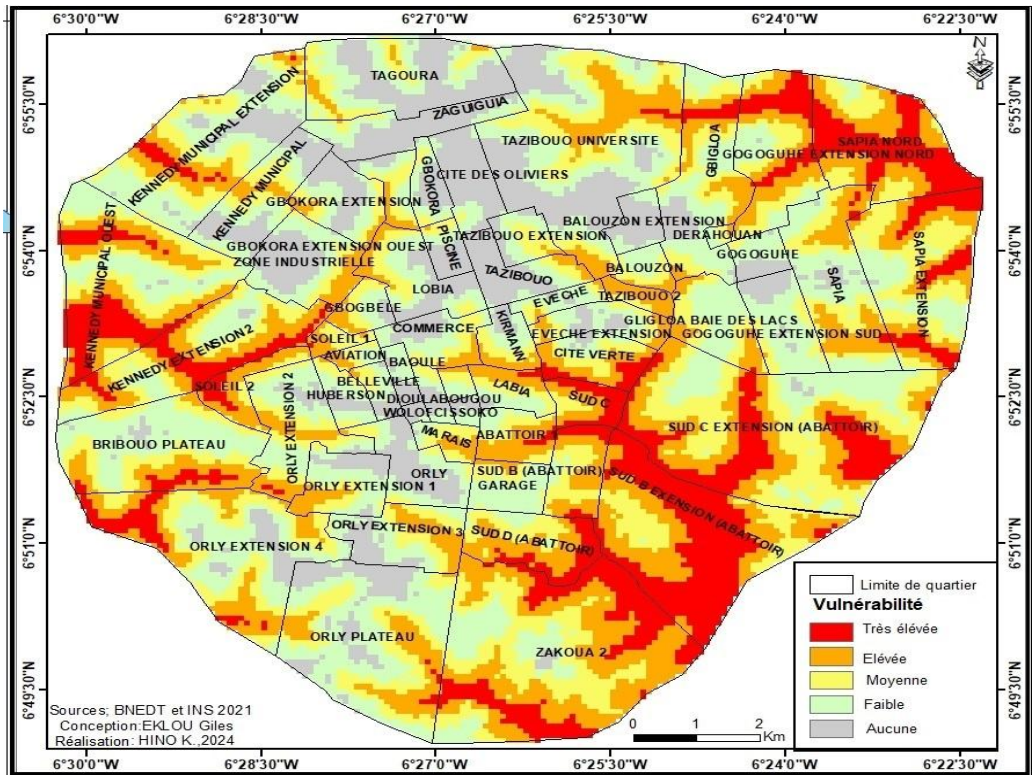


Fig. 5. Cartographie des zones rouges ou des sites vulnérables

Cette carte révèle de multiples zones rouges ou sites vulnérables à l'intérieur de la ville de Daloa. Ces espaces, considérés comme zones rouges ou sites vulnérables sont des sites marécageux (bas-fonds) donc inappropriés à l'installation des populations. Dans le cadre de cette étude, les quartiers choisis à la suite de notre échantillonnage pour mener l'étude sont pour la plupart situés dans les zones rouge, comme Tazibouo université, Tazibouo extension et Abattoir 2. Ainsi, dans cette première méthode, les autorités ont donc identifié ces trois quartiers comme étant des quartiers abritant des sites dangereux.

La seconde phase consiste à sensibiliser les populations installées dans les zones rouges ou les sites vulnérables. Il s'agit d'informer les populations concernées afin de les sensibiliser aux risques encourus et de les préparer à un éventuel déguerpissement. Dans cette phase, les populations sont informées bien avant le début des opérations (un mois et plus). Cette seconde phase laisse le choix aux populations installées sur ces sites de partir d'eux-mêmes. Pour celles s'y opposant, un avertissement ou une mise en demeure est déposé. Le graphique suivant met en lumière la proportion des réponses d'acteurs déguerpies selon le timing de réception des informations avant le début de l'opération

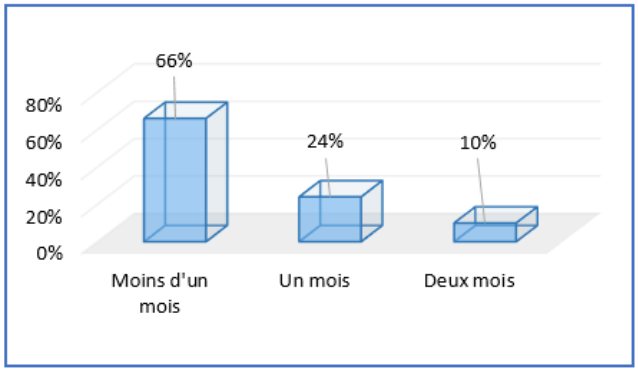


Fig. 6. Timing d'information avant le début des opérations

Source: Nos enquêtes, mai 2024

De la figure ci-dessus, il ressort que plusieurs individus notamment 66% des enquêtés mentionnent avoir été informés en moins d'un mois. 24% d'entre eux affirment avoir été informés un mois avant, et 10% deux mois avant le début de l'opération. Ces informations recueillies auprès des acteurs déguerpis confirment la priorité accordée à la seconde phase des méthodes de mise en œuvre et d'application des opérations de déguerpissement.

Enfin, en troisième étape concerne l'opération de déguerpissement proprement dite. Dans cette phase, les autorités locales après l'identification des sites à risque et la sensibilisation des populations, procèdent à la démolition des habitations ou des activités économiques dans ces zones à risque pour les populations. Ces démolitions concernent les habitations ou activités installées sous les lignes à haute tension, sur les canalisations d'évacuation des eaux, sur les voiries et dans les domaines privés. La figure 7 nous montre comment les déguerpissements sont effectuées.

Fig. 7. Vues des méthodes et opérations de déguerpissement

Source: EKLOU Gilles, Décembre 2024

Cette destruction, comme nous l'observons sur les figures, demeure objet de controverses et de tensions. Les populations dénoncent une initiative dépourvue d'humanité tandis que les autorités affirment qu'il s'agit plutôt du point du départ d'une politique durable pour la ville. Ces positions divergentes nous amènent à nous intéresser dans le prochain point, aux résultats de cette politique.

3.2 Le Déguerpissement, Une Opération Qui A Favorisé L'aménagement Des Espaces Urbains De Daloa

3.2.1 Des Actions Ayant Favorisé L'amélioration De L'état Des Infrastructures

Depuis la mise en œuvre de la politique de déguerpissement, Daloa est devenue une métropole rayonnante. Cette métamorphose se traduit par la forte construction des infrastructures routières, l'implantation croissante des services, d'administrations et institutions. Concernant la forte construction des infrastructures routières, il est important de souligner que Daloa a bénéficié de 35 km de routes bitumées et réhabilitées entre 2016 et 2024. Ces différents programmes de bitumage et de réhabilitation confirment l'impact positif du déguerpissement dans la croissance urbaine de Daloa. La figure 8 met en relief l'évolution de l'état de la route de 2016 à 2024 dans les secteurs ayant fait l'objet du déguerpissement.

Fig. 8. Etat de la route principale du quartier Tazibouo de 2016 à 2024 (a) Etat de la voie en 2016 (b) Etat de la voie en 2024

Source: AHUA Emile (8.a), mars 2016 & EKLOU Gilles, (8.b) juin 2024

Par cette figure, nous observons l'état de la voirie principale du quartier Tazibouo en 2016, qui est en terre battue. Grâce aux programmes de bitumage qui ont suivi les opérations de déguerpissements, nous pouvons observer en 2024 l'état de cette même voirie, désormais bitumée. Dans l'ensemble, les différents quartiers de l'étude ont bénéficié de programmes de bitumage ou de réhabilitation des voiries. Au total, nous pouvons nous accorder encore plus de crédit à cette initiative, qui en l'état se présente comme une aubaine pour le développement du territoire. D'ailleurs, au-delà de l'utilité publique dont elle sert de baromètre, le déguerpissement agit de manière analogue à la préservation et à la protection de certaines populations exposées, à titre individuel ou collectif, aux différentes formes de dangers, qu'ils soient naturels ou socio-culturels.

3.2.2 Le Déguerpissement, Une Option Pour La Réduction Des Pratiques Dangereuses Et Illicites

Le déguerpissement de certains sites au sein des quartiers de la ville de Daloa apparaît comme une option indéniable contre les pratiques dangereuses et illicites et permet de préserver un climat de sécurité. Ces sites, en particulier celui situé au quartier Commerce, abrite un marché noir, appelé communément « le black » où se développe un vaste réseau de trafic de stupéfiants et de vente d'articles illicites (téléphones volés). Ces articles proviennent des différents quartiers de la ville et des villages environnants, et sont parfois le fruit de vol, d'agressions ou de braquages. Interrogé à ce sujet, Monsieur K. affirme: « J'ai été arrêté après avoir acheté un téléphone au black. J'ai été accusé de recel d'objet volé. » Ce propos confirme les pratiques illicites nées sur ces sites, et considérée comme dangereuses pour la quiétude des populations. À cela s'ajoutent d'autres pratiques dangereuses, comme la présence d'un vaste réseau de trafic de stupéfiants, notamment la drogue. L'étude a révélé qu'au sein de ces espaces résidaient des dealers qui se livraient à la commercialisation et à la consommation de stupéfiants. Dans ce cas de figure, les espaces anarchiques concernés deviennent des lieux dangereux pour les populations. Aussi, ces différents sites sont des lieux où se développent des actes de banditisme, surtout à des heures tardives, à l'exemple des vols à l'arraché et les agressions. Pour les pouvoirs publics, le déguerpissement est donc perçu comme une action visant à la fois à réhabiliter les voies et ruelles, mais également à démanteler ces réseaux mafieux. D'autres espaces, réputés pour abriter des réseaux de proxénètes, ont été également déguerpis.

Fig. 9. Etat du quartier commerce en centre-ville de 2016 à 2024 (a) Etat du quartier en 2016 (b) Etat du quartier en 2024

Source: AHUA Emile (9.a), mars 2016 & EKLOU Gilles, (9.b) juillet 2024

Au regard de ces figures, nous observons le même site (le quartier commerce) à deux dates différentes: 2016 et 2024. Sur la figure 9.a, nous percevons des activités commerciales se dérouler sur les espaces publics, notamment sur la voirie du quartier Commerce. Ces activités obstruent la voirie, créant des embouteillages et des difficultés de circulation. Ils ont également engendré une dégradation rapide de ces voiries. La la figure 9.b montre la réponse apportée à l'occupation anarchique des voiries et de ces corollaires qui s'illustre par un déguerpissement de ce site en 2024 et la réhabilitation de la voirie. Il est donc clair que le déguerpissement participe largement à la fabrication de la ville et lui donne un éclat social et économique activement recherché.

En dépit des transformations dans différents secteurs, et après avoir montré les liens qui unissent le déguerpissement et le développement, il paraît important d'examiner l'ensemble des incidences négatives de cette politique à Daloa.

3.3 Une Politique D'aménagement Aux Nombreuses Faiblesses

3.3.1 Une Absence De Stratégie Dans Le Cadre De La Relocalisation Des Populations Déguerpies

Deux vagues de déguerpissement ont été opérées dans l'espace urbain de Daloa. La première vague concernait le site du quartier Commerce. Ce site, abrite le black market, un maillot essentiel dans les activités commerciales surtout dans la commercialisation des appareils électroniques (téléphones, ordinateurs). On y trouve également des activités de la restauration, des commerces et des petits métiers. La deuxième vague ont concerné le déguerpissement des populations et des activités installées en bordure ou sur les voies, ainsi que des habitations situées sous les lignes à haute tension. L'enquête a permis de dénombrer au total 3 387 personnes déguerpies dans les quartiers Commerce (537 personnes) et Abattoir 2 (2850 personnes).

Pour permettre une meilleure inclusion de toutes les populations dans la ville, les autorités ont engagé des actions visant à relocaliser les déguerpies. Cette stratégie consiste à désigner de nouveaux sites, bâtis ou non, pour installer les populations susceptibles d'être déguerpies. Cette simple approche suffirait presque à émettre le postulat d'une politique sans reproche. Cependant, de nombreux dysfonctionnements sont observés dans les méthodes employées. Ces dysfonctionnements s'expliquent d'une part par la difficulté d'application des programmes de relocalisation et d'autre part par la qualité ou l'état des sites ou programmes de relocalisation. En effet, sur l'ensemble ses sites et des populations déguerpis dans la ville de Daloa, un seul site a été identifié comme espace de relocalisation des populations. Sur les 3 387 personnes déguerpies, seulement 600 ont pu bénéficier du programme de relocalisation. Ce programme est l'œuvre des autorités locales, qui ont construit des magasins et qui les ont mis à la disposition des populations.

Fig. 10. Nouveau sites dédiées pour la relocalisation des activités

Source: EKLOU Gilles, Novembre 2024

Cette figure montre les magasins construits par les autorités locales en vue de relocaliser les populations déguerpies lors des différentes vagues de déguerpissement à Daloa. Le rapport entre les populations déguerpies (3 387) et celles relocalisées (600) permet de percevoir la faiblesse de la politique de relocalisation élaborée par les autorités locales. Pour justifier cette relocalisation difficile, les pouvoirs publics invoquent l'insuffisance de sites dédiées et le manque de ressources financières pour en trouver d'autres. Ils expliquent aussi que cela est lié au refus volontaire des populations, qui préfèrent ne pas y aller, ce qui explique l'inoccupation de 184 magasins. Pourtant, selon nos observations et à la suite des échanges avec les acteurs réinstallés sur les nouveaux sites, ces programmes de relocalisations ne concernent que les acteurs économiques. Partant de ce principe, plusieurs populations (environ 2787 déguerpis) n'ont pas encore bénéficié de programme de relocalisation. Cette situation permet d'ailleurs de remettre en cause cette politique, d'autant plus qu'elle concerne à la fois les ménages et les acteurs économiques. Le graphique nous montre les proportions des populations déguerpies relocalisées selon le mode de relocalisation.

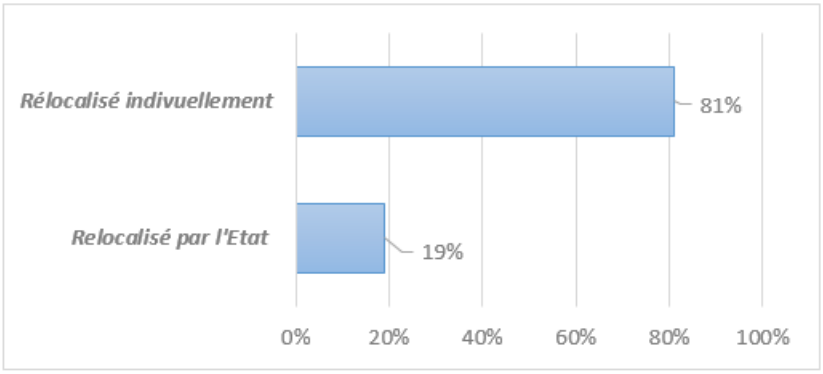


Fig. 11. Mode de relocalisation des populations déguerpies

Source: Nos enquêtes, Octobre 2024

La lecture de la figure permet de comprendre que le mécanisme de relocalisation exclut d'emblée une grande partie de la population concernée, notamment les ménages. Ces derniers sont obligés de se loger à partir de leurs propres moyens. Ces faits confirment que les stratégies de relocalisation à Daloa ne répondent pas nécessairement aux besoins des populations déguerpies. Pour les acteurs économiques interrogés, les magasins mis à leur disposition par les autorités sont trop petits (7.5 m^2). Les ménages par contre sont dans l'obligation de vivre dans la promiscuité. C'est le cas de monsieur Y qui affirme: « *Ils ont détruit ma maison de trois (3) pièces et mon indépendante. Aujourd'hui, je dors avec ma femme et mes 4 enfants dans la maison de mon frère, qui est de deux pièces* ».

En clair, ce site ne parvient pas à accueillir tous les acteurs qui ont été déguerpis et la ville est en proie à une crise du logement. Le prochain point de cette étude consiste à analyser les effets induits par cette absence de stratégie sur l'organisation de l'espace.

3.3.2 UNE POLITIQUE QUI EXACERBE LA CRISE DU LOGEMENT À DALOA

Le déguerpissement des habitations ainsi que des activités économiques et la non-relocalisation des personnes déguerpies, exacerbe la crise du logement à Daloa. En effet, des 3 387 personnes déguerpies, seules 600 ont été relocalisées, conformément au nombre de magasins construits par les autorités locales (600 magasins). Les 2 787 autres déguerpis ont été laissés pour leur compte. Ces derniers sont donc dans l'obligation de trouver un local (habitation ou magasin) pour exercer leur activité ou pour y loger. Dans ce contexte, les logements destinés à des fins d'habitations subissent des modifications et sont transformés en magasins. Ces transformations et modifications sont le fait des propriétaires, qui pour des raisons financières effectuent ces modifications, car le loyer perçu pour un magasin est supérieur à celui d'un logement, d'où la transformation de certains logements en magasins. La non-relocalisation des 2 787 déguerpis, ajoutée à la crise du logement décent déjà évoquée dans la ville, accentue cette situation. Ces populations sont cependant confrontées à la précarité et à une extrême vulnérabilité. Même pour les 600 personnes qui ont pu être relogées, la promiscuité est relative à son nouveau local. Ces individus estiment que c'est plutôt le site qui a changé et non les conditions de vie. De manière générale, tous ces ménages soulignent le coût élevé des loyers de ces nouveaux locaux (habitations comme magasins).

Pour renchérir ces positions d'acteurs, les opinions sur la satisfaction des acteurs offrent quelques pistes supplémentaires quant à l'appréhension des effets du déguerpissement sur le vécu des populations. Le prochain graphique met en évidence la répartition des avis des populations qui ont pu être relogées.

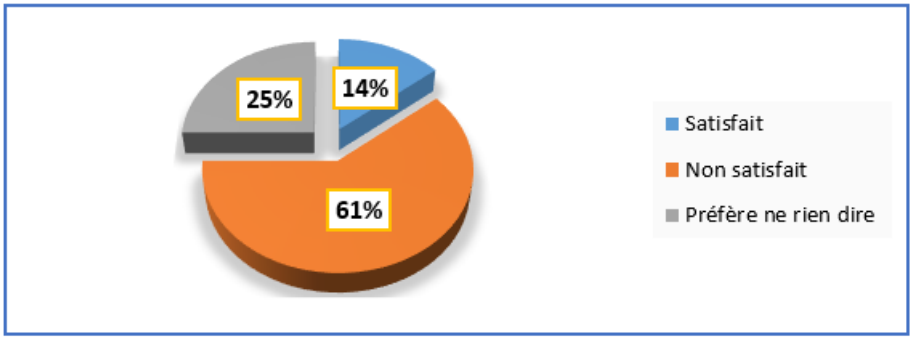


Fig. 12. Enquête de satisfaction des populations relocalisées

Source: Nos enquêtes, Octobre 2024

Le taux de satisfaction observé dans ce graphique achève de convaincre que les populations ont une mauvaise expérience des déguerpissements. Seulement 14% des personnes interrogées ont exprimé leur satisfaction. Le reste des opinions se répartit entre l'insatisfaction (61%) et l'absence opinion (25%). Cette proportion élevée d'insatisfaction est due au fait que les personnes déguerpies accusent les autorités de les avoir chassées sans leur proposer une piste alternative. C'est le cas de madame K., qui affirme: « *Nous savons que nous sommes sur la route, et c'est par manque de place et d'argent pour louer un magasin que nous y sommes. Donc, quand les autorités viennent nous chasser, qu'elles trouvent un emplacement pour nous au lieu de nous laisser seuls nous débrouiller, surtout nous n'avons pas les moyens* ». Ces propos et ces données doivent servir de sonnette d'alarme aux les autorités de la ville de Daloa, qui sont invitées à adapter leurs méthodes pour atténuer les effets négatifs induits par le déguerpissement.

3.3.3 POURSUIVRE OU FREINER LE DÉGUERPISSEMENT DES POPULATIONS ? UNE ÉVALUATION DE LA POLITIQUE PAR LA MÉTHODE SWOT

À l'issue de nos enquêtes de terrain, les données et les informations recueillies présentent diverses tendances selon les acteurs. D'un côté, les autorités justifient que les déguerpissements ont été réalisés dans le cadre des projets d'aménagement urbain. Ces projets concernent la réhabilitation des voies dans l'optique de rehausser l'image de la ville. De l'autre côté, les populations estiment que ces programmes sont exclusifs et ne tiennent pas compte de leur réalité. Dans notre travail, il est difficile d'affirmer avec certitude si cette politique s'inscrit parfaitement dans les prescriptions des ODD. En lieu et place d'une prise de position sur la question, nous souhaitons insister sur les faiblesses de ces politiques afin que les collectivités et décideurs puissent s'en imprégner en vue de redéployer le processus. Sur ces considérations, nous avons évalué cette politique à Daloa à partir de la méthode SWOT, en intégrant les trois principaux piliers du développement durable.

Tableau 2. Évaluation de la politique du déguerpissement par le modèle SWOT

Variables	Forces	Faiblesses	Opportunités	Menaces	Propositions de politiques durables
Économie	Meilleure régulation des activités économiques	Nombreux acteurs économiques ayant perdu leurs activités	Développement local durable et efficient	Risque de réapparition des pratiques illicites	Réinsérer les acteurs économiques ayant perdu leur emploi
Social	Relocalisation des populations sur des sites appropriés	Absence de sites de relocalisation	Migration et urbanisation maitrisée, logement décent	Naissance de nouveaux quartiers précaires	Relocaliser les populations non satisfaites ou non relogées
Environnement	Protection des populations face aux risques	Vulnérabilité croissante des populations non relocalisées	Santé durable des populations	Risque de propagation des pathologies	Sensibiliser les populations sur les dangers

Source: AHUA Emile & EKLOU Gilles, enquête de terrain, 2024

Ce tableau dans la continuité des nombreux travaux sur la question tente de mettre à jour le bilan de cette politique. De manière générale, à l'analyse de ce tableau ainsi que des données et informations recueillies au cours de cette étude, il convient de mentionner que les politiques de déguerpissement présentent plusieurs forces qui s'illustrent par la régulation des activités économiques, la protection des populations contre les risques, la relocalisation des populations sur des sites appropriés et la construction des infrastructures routières et autres. Elles offrent également des opportunités en matière de développement local efficient et durable, de régularisation de la migration et de l'urbanisation, de contribution à la santé durable des populations et de rayonnement de la ville. En clair, les politiques de déguerpissement initiées dans les villes ivoiriennes, à l'exemple de Daloa, contribuent au développement local et durable de la ville. Toutefois, ces politiques présentent des limites, notamment la perte d'activités économiques de certains déguerpis, l'absence de sites de relocalisation pour toute cette population et la vulnérabilité croissante des populations non-relogées. La faiblesse de ces politiques peut engendrer des risques de réapparition de pratiques illicites, de création de nouveaux quartiers précaires et de propagation des pathologies. Face à ces risques, des perspectives sont envisagées, notamment la réinsertion des acteurs économiques ayant perdu leur emploi, la relocalisation des populations non relogées et la sensibilisation de ces populations aux dangers d'une installation sur un site à risque. Les propositions de politiques durables à l'échelle de la ville de Daloa doivent servir de modèle à de nouvelles réflexions destinées à une meilleure flexibilité de cette politique. Surtout en faveur des populations qui font l'objet de déguerpissement.

4 DISCUSSION DES RÉSULTATS

Pour assurer une meilleure gestion durable de la ville, les pouvoirs publics de la ville de Daloa ont opté pour des opérations de déguerpissement. Les résultats de notre étude montrent que cette opération a permis de construire des équipements et des infrastructures dans la ville. Il en découle que le déguerpissement a contribué à l'assainissement et à une gestion durable de la ville. G. D. Gue (2025, p.345) à partir de son étude dans la commune de Koumassi présente les avantages de cette politique particulièrement sur la sécurité et la salubrité urbaine. Il souligne que le déguerpissement a permis de réduire significativement les vols et les opportunités criminelles dans la commune et de faciliter la propreté des quartiers. Dans le même sens, M-A. Dago et L. M. Zouhon (2024, p.4) en observant les impacts socio-économiques du déguerpissement dans le quartier Gesco dans la commune de Yopougon évoquent le terme d'esthétique urbaine et de sécurisation des populations. L'opération dans l'arrondissement de Hounli, dans la commune d'Abomey, les populations saluent cette initiative qu'ils jugent satisfaisante car elle permet une meilleure circulation des biens et des personnes dans les quartiers (A. T. Houinsou, 2019, p.1057).

Malgré ces résultats satisfaisants qui sont présentés, l'opération de déguerpissement reste controversée. En effet, dans la ville de Daloa, le décalage existant entre les objectifs et les résultats de cette politique questionnent réellement ces impacts et ces enjeux sur le développement durable. Ainsi, les effets pervers du déguerpissement sont mis en avant par C. B. Houedin *et al.,* (2023, p.1234) et C. Bignon (2018, p.2) lorsqu'ils soutiennent que le déguerpissement dans les villes d'Abidjan et de Douala a favorisé autant de désordre, de confusion, de tourmente et de désorganisation. A. Sinan (2014, p.62) précise également que le déguerpissement dans le Parc National de la Marahoué a contribué à une fracture de l'organisation sociale des populations déplacées et à une dislocation du tissu social, de la vie culturelle et économique de ces déguerpis. Par ailleurs, C. B. Houedin rappelle que les effets pervers de cette opération expliquent le fait que beaucoup de déguerpis perdent du jour au lendemain leur logement, et parfois leur emploi. Dans le même temps, d'autres se trouvent confrontés à un difficile accès au logement, à l'eau potable et à l'électricité qui conduit parfois à des pertes en vie humaines.

Ces différentes réalités montrent la nécessité de pouvoir réorganiser ces mécanismes tout en tenant compte du vécu des populations. L'adhésion des populations devient de ce fait un indicateur clé pour actionner la politique du déguerpissement. Dans la ville de Daloa, les efforts enregistrés en matière de réhabilitation des droits et de relocalisation des populations se heurtent à plusieurs écueils tendent. Ces difficultés des pouvoirs publics tendent à remettre en cause cette politique en faveur des populations au point où l'on peut considérer qu'elles sont mal appliquées. Pourtant, selon l'ODD 11, penser la ville durable et inclusive doit pouvoir s'inscrire dans la limitation de la pauvreté et des risques sanitaires et environnementaux, (ONU, 2024, p.1). De cette prescription ressort la question de la gouvernance participative, qui sous-entend une association des populations à l'instauration des politiques de la ville plus particulièrement du déguerpissement. Les différents résultats de notre étude démontrent que le déguerpissement, comme initiative de la ville durable à Daloa s'efforce de revêtir un caractère participatif. C'est à juste titre que R. M. N'Guema

(2018, p.7) à partir de l'exemple du Gabon soulignait que les déguerpissements font intervenir deux acteurs: l'acteur qui initie et applique la politique de déguerpissement c'est-à-dire l'État et ceux qui s'y opposent c'est-à-dire les populations. Cette affirmation de R. M. N'Guema doit servir de base à un redéploiement de la politique de déguerpissement. Dans sa mise en œuvre, ses modes d'action sont majoritairement définis par les chercheurs à partir d'une dimension coercitive, pour laquelle l'usage de la force, notamment de la part des pouvoirs publics (étatiques ou municipaux par exemple) en est la principale caractéristique. Selon J. Blot et A. Spire, (2014, p.19) les méthodes employées pour déguerpir sont violentes et se font dans la précipitation. Même lorsque le processus de déplacement est prévu de longue date et fait partie d'un projet de développement, le déplacement des populations a lieu dans l'urgence et la violence, ne laissant pas toujours le temps aux personnes déplacées de rassembler leurs effets personnels et de trouver un nouveau logement décent ou un autre lieu de commerce. Le moment du déguerpissement est ainsi vécu par bon nombre de citadins comme un traumatisme. C'est pourquoi en filigrane, des nombreux travaux sur le déguerpissement est vu sous un mauvais œil. Dans cette perspective, la Banque Mondiale insiste et recommande aux États d'accompagner et d'aider les populations concernées pour une réinstallation (N. Gourland, 2017, p.5).

Cette problématique devient ainsi une réelle préoccupation pour les pouvoirs publics quant à ses effets réels sur le vécu des populations et sur les modes et moyens de réinsertion.

5 CONCLUSION

Le déguerpissement produit deux résultats contradictoires dans les villes africaines. Le premier résultat est positif pour les autorités et les populations résidantes, car il a permis d'assainir les villes et de planifier leur développement notamment par la construction d'infrastructures. Le second résultat est négatif pour les déguerpis, qui se retrouvent vulnérables, sans emploi ni logement. La ville de Daloa n'échappe pas à cette double tendance L'absence de sites de relocalisation des déguerpis et le manque de financement sont autant d'indicateurs qui expliquent cette faiblesse des pouvoirs publics dans l'exécution complète et durable des opérations. À ce jour, nombreuses sont les populations qui expriment leur insatisfaction vis-à-vis de ces mécanismes de relocalisation. Il est donc important que les autorités étatiques et locales dans villes africaines réadaptent les politiques de déguerpissement en intégrant au cœur de ces programmes la relocalisation des populations déguerpies pour un développement harmonieux.

REFERENCES

[1] A. Sinan, «Effets pervers des opérations de déguerpissement autour des parcs nationaux ivoiriens: cas du parc national de la Marahoue et du mont Péko, à l'ouest de la Côte d'Ivoire», *Revue Africaine d'Anthropologie, Nyansa-Pô,* N° 16, pp.57-77, 2014.

[2] A. T. Houinsou, «Problématique de la libération des espaces publics dans l'arrondissement de Hounli: Commune d'Abomey», *Revue IJAR,* Vol. 7, N°8, DOI: http://dx.doi.org./10.21477/IJAR01/9593, ISSN: 2320-5407, pp.1051-1063, 2019.

[3] B. C. Houedin, D. D. N'guessan, M. Diaby *et* L. R. Otcho, «Le Déguerpissement comme effets pervers du développement urbain: étude de cas dans le district d'Abidjan (2011 – 2022)», *Revue-IRS,* Vol 1 N°6, ISSN: 2958-8413, pp 1233 -1252, 2023.

[4] C. Bignon, «Se faire une place en ville en situation autoritaire: les processus de légitimation citadine à Douala», *L'Espace Politique,* 35/2018-2, DOI: https://doi.org/10.4000/espacepolitique, 18 p., 2018.

[5] C. Bouquet et I. Kassi-Djodjo, « Déguerpir » pour reconquérir l'espace public à Abidjan«, L'Espace Politique, Vol. 1, N° 22, DOI: https://doi.org/10.4000/espacepolitique, 16 p., 2014.

[6] G. W. D. Gue, «Influence du déguerpissement sur les vols dans la commune de Koumassi», *AJHSSR Journal,* Volume 09, Issue-07, ISSN: 2378-703X, p.350-363, 2025.

[7] Institut Nationale de la Statistique, données du recensement général de la population et de l'habitat, 1998, 2021.

[8] J. Blot et A. Spire, «Déguerpissement», *Hypergeo,* ffhal-01887353f, 3 p., 2014.

[9] J. Blot et A. Spire, «Déguerpissements et conflits autour des légitimités citadines dans les villes du Sud», *L'Espace Politique,* Vol. 1, N° 22, DOI: https://doi.org/10.4000/espacepolitique 16 p., 2014.

[10] L. M. E. Atse, «Stratégies d'approvisionnement en eau dans les opérations de construction en périphérie urbaine de Daloa», *European Scientific Journal,* Vol.19, N°20, ISSN: 1857-7431, pp. 103-123, 2023.

[11] M-A. Dago et L. N. M. Zouhon, «Impact socioéconomique des politiques urbaines: cas des déguerpis du quartier Gesco à Yopougon dans le District d'Abidjan», *Journal of Research in Humanities and Social Science,* Volume 12, Issue 10, ISSN: 2321-9467, pp.110-118, 2024.

[12] N. Gourland, «Vendre ou courir, il faut choisir: Déguerpissements et réinstallations des commerçants de rue à Lomé», Géoconfluences, 13 p., 2017.

[13] N. K. M. Yoman, N. J. P. Kouassi et K. G. N'guessan, «Dynamique de reinsertion économique des déguerpis du mont Péko (ouest de la Côte d'Ivoire)», *Revue de Géographie de l'Université de Ouagadougou,* N° 11, Vol. 1, pp.105-122, 2022.

[14] ORGANISATION DES NATIONS UNIES, 2024, Le Développement Durable en Afrique, Rapport, 7p.

[15] R-M. Nguema, «Politique de déguerpissement et processus de restructuration des territoires de Libreville (Gabon)», *L'Espace Politique,* Vol. 1, N° 22, DOI: https://doi.org/10.4000/espacepolitique, 17 p., 2014.

[16] Spire A., Bénit-Gbaffou C., Gervais-Lambony P., Morange M., Steck J-F. et Vivett J., *Localisation forcée en ville: injustices spatiales et politiques de déguerpissement,* In Bénit-Gbaffou C., Gervais-Lambony P., L'injustice spatiale et la ville, regards du Sud, Paris, Karthala, pp. 127-147, 2014.

[17] V. Kone, «Politique de relocalisation et logiques sociales de maintien des populations autochtones sur l'espace littoral à risques de Grand-Lahou en Côte d'Ivoire», *Revue-IRS,* Vol. 3 N°2, ISSN: 2958-8413, DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.15176275, p.1533-1556, 2025.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 769-782
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Thermo-Hydrodynamic Numerical Modeling of the Hêtin-Sota Artesian Geothermal Well (Benin)

Babilas Hountondji, Lambert K. Ayitchéhou, François de Paule Codo, and Martin P. Aina

Laboratory for Water Sciences and Technology, Department of Water and Sanitation, National Water Institute (INE), University of Abomey-Calavi (UAC), 01 PO Box 526, Cotonou, Benin

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

ABSTRACT: Benin's artesian groundwater resources are still underutilized and therefore do not yet contribute fully to the country's socioeconomic development. This is the case with the Hêtin-Sota thermal spring, which appeared following drilling in 1956. In order to assess the Hêtin-Sota spring with a view to developing it, it is necessary to know the values of certain fluid parameters (pressure and temperature) that are not available in the literature or in the archives of Benin's Directorate General of Water (DGEau). These include the temperature and static pressure values in the reservoir at this location, as well as the pressure value at the head of its artesian thermal well, given that the temperature value at the ground surface (T_{ground}=53°C) is known. This work provides an in-depth study of the different stages through which the geothermal fluid circulates and the interactions between them. The code developed during this study solves the simplified Navier-Stokes equations, the heat equation, and the momentum equation using the Matlab language. This code confirms the temperature (T_{res}=66.76°C) and static pressure (p_{res}=58.38 bar) values in the reservoir at this location, as well as the head pressure (p_{head}=15.62 bar) value of the thermal artesian well. Validation of this code shows that in the Hetin-Sôta artesian and thermal well; the simulations are in good agreement with the drilling pressure logs and geothermal fields. The temperature above ground, i.e., at the top of the Hêtin-Sota artesian and thermal well, is 53°C, which is between 30°C and 100°C, and the depth of the well-being 417 m, between 400 and 2000 m, the geothermal energy from this well can be used to develop agricultural land in the Hêtin-Sota area, which is part of the Ouémé Valley in Benin, ranked as the second richest valley in the world after the Nile in Egypt.

KEYWORDS: simulation, geothermal energy, groundwater, artesian, pressure, temperature, MATLAB.

1 INTRODUCTION

The subsoil is characterized by its multifunctionality, associated with its properties as a container, a source of content, and a porous space. It offers numerous resources (hydrocarbons, minerals, drinking water, heat reservoirs) and serves as a basis for human settlement [1]. Indeed, while its exploitation is responsible for the depletion of resources, it remains the place where the solution to this problem can be found [2-3].

Groundwater thermal springs represent a natural heritage of great importance and appear to be a potential driver of economic and social development, as several case studies in Africa have shown [4]. In Europe, hydrotherapy and tourism are more developed thanks to these resources. In Italy, 70% of the population uses these resources to treat skin disorders and respiratory problems [5]. In France, thermal spas create an economic base by providing more than 100,000 jobs and generating more than €690 million in indirect spending per year [6]. In the Americas, particularly in Peru, local authorities preserve thermal springs by incorporating traditional knowledge into legal frameworks in order to prevent overexploitation and ensure their sustainability [7]. In Asia, specifically in Indonesia, thermal waters are perceived as sacred sites housing the spirits of ancestors, requiring rituals to obtain their blessings [8]. In contrast, in Africa, these resources remain less exploited and less valued due to inadequate regulation and infrastructure problems [9]. In the Republic of Benin, specifically in the municipality of Dangbo, the Hêtin-Sota thermal spring lacks specific regulations due to its regulation. As a result, the development of this natural resource could be an important lever for economic and social development, provided it is carried out in a fair and sustainable

manner [10]. Thermal springs offer interesting potential for the development of agriculture, tourism, transportation, hotels, restaurants, energy, etc. Their development could contribute to improving the living conditions of local populations, diversifying economic activities, and preserving the environment, in line with sustainable development objectives [11]. In light of the above, the purpose of this study is to examine the parameters that could limit the use and sustainable management of the Hêtin-Sota thermal spring in the municipality of Dangbo in the Republic of Benin, focusing in particular on changes in pressure and temperature along the artesian thermal production well on the site.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 PRESENTATION OF THE STUDY SITE AND HISTORY OF THE ARTESIAN AND THERMAL WELL AT HÊTIN-SOTA

2.1.1 PRESENTATION OF THE STUDY SITE

The study site is located in the village of Hêtin-Sota, in the Késsounou district of the Dangbo commune. The Dangbo commune is situated in the Ouémé Department, between 6°32' and 6°39' North latitude and between 2°28' and 2°34' East longitude. Covering an area of 149 $km^{2,}$ it is bordered to the north by the Adjohoun commune, to the south by the Aguégués commune, to the east by the Akpro-Missérété commune, and to the west by the Sô-Ava commune. Administratively, the Dangbo commune is subdivided into seven (7) districts, which comprise fifty (50) administrative villages. The Késsounou district includes six (6) villages, one of which is Hêtin-Sota. The village of Hêtin-Sota is bordered to the north by the village of Dèwèmè-Daho (district of Houédomey), to the south by the village of Hêtin-Gléhoué (district of Késsounou), to the east by the village of Tovè (district of Dangbo) and to the west by the Ouémé river. The Hêtin-Sota geothermal borehole is located at the edge of the access road to the village and at the entrance to the towns. The borehole's geographic coordinates are 2.50396 E and 6.58789 N. The borehole site is located on the left bank of the Ouémé River, 190 meters from the river. Figure 1 shows the geographic location of the Hêtin-Sota geothermal borehole in the municipality of Dangbo, Benin.

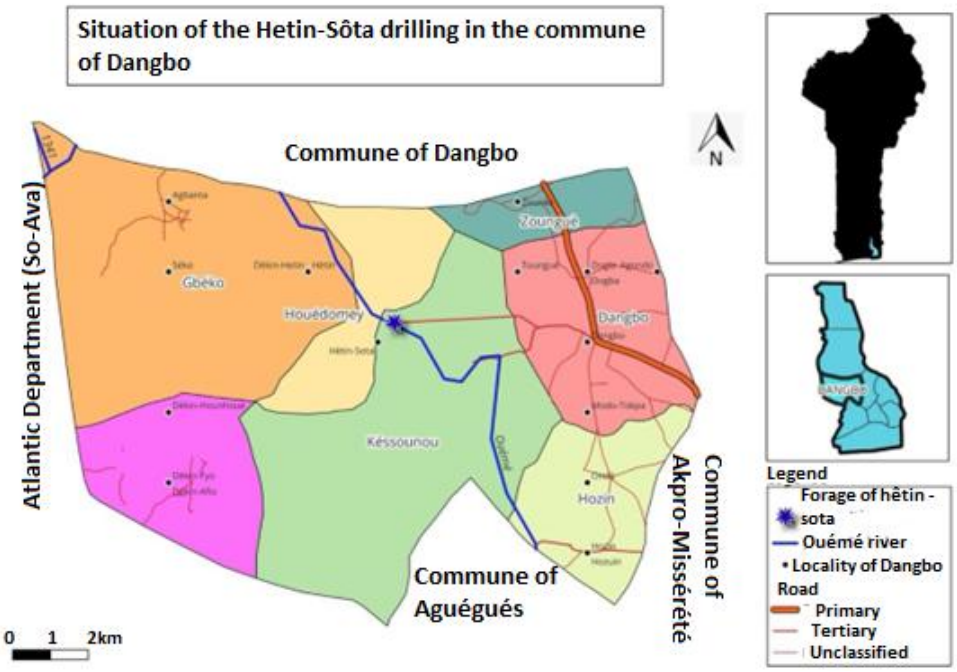


Fig. 1. Geographical location of the Hêtin-Sota artesian and thermal well in the municipality of Dangbo.

Source: IGN-Benin, 2024.

2.1.2 HISTORY OF THE ARTESIAN AND THERMAL WELL AT HÊTIN-SOTA

The drilling was carried out in 1956 by a Canadian mission that had gone to the area to carry out earthworks, including the removal of materials. Having noticed the lack of drinking water in the area, the Canadian mission decided to drill a well there. Two attempts were unsuccessful before a third attempt resulted in this artesian thermal well. This third attempt was made after consulting the fetish "Dossouwè.". In 1956, in addition to the hot water drilling head, related infrastructure was also built. This included gender-specific toilets and concrete swimming pools. Powered by geothermal drilling, all of this infrastructure was equipped with pipe networks for water supply and drainage. Both the well and the related infrastructure were fully controlled. No measures were taken to ensure proper management; everything was used free of charge. In 1970, the well broke down and was repaired in 1971. By that year, the toilets and swimming pools were no longer functional and were not repaired. Then in 1990, it broke down again and the drill head also failed. It was then rehabilitated in 1992 (Figure 2). This rehabilitation was extended to include the construction of other related infrastructure consisting of a distribution network for untreated thermal water. This included the metal tower on the site and four standpipes to serve the neighborhoods of Dogodo, Tchintchinmè, Zounkpa, and Gléhoué. This time, the drainage pipe and the head were replaced. Following this rehabilitation, an 11-member committee was set up to manage the borehole and the new infrastructure. However, part of the population was opposed to this.

Fig. 2. Status of Fountains projects completed in 1992.

Source: Dangbo Town Hall, 2024.

Thus, by the 2020s, neither the castle nor the standpipes were functional. The standpipe located within the grounds of the Hêtin-Sota primary school had collapsed; the pipes at the water tower and the wellhead were also leaking, and the wellhead was flooded with stagnant water, posing a danger to the population. Concerned about the safety of the population, the Dangbo Town Hall rehabilitated the wellhead, which was raised, and built a footbridge on the site to facilitate access for the population and tourists. Figures 3 and 4 below show the situation of the geothermal well in 2018 (before the City Council's intervention) and in 2023 (after the City Council's intervention).

Fig. 3. View of the drilling and related infrastructure in 2018.

Source: Dangbo Town Hall, 2024.

Fig. 4. View of the drilling and related infrastructure in 2023.

Source: Dangbo Town Hall, 2024.

2.2 DESCRIPTION OF THE PROBLEM

The physical model of a thermal artesian well is generally considered to be a vertical circular pipe with liquid flowing in the deep zone, which changes phase in the upper zone due to the reduction in pressure and static temperature. A two-phase zone (liquid and vapor) is formed above a certain point with an increase in mixing velocity. The analysis of two-phase flow inside a thermal artesian well requires the correct calculation of pressure, temperature, enthalpy, heat flux, and velocity profiles along the well, as well as knowledge of the thermodynamic properties of the fluid. These parameters can be calculated from energy

governing equations using numerical schemes that represent the complexity and multidimensionality of two-phase flows. Although many simulators for modeling fluid and heat flow in thermal artesian wells have already been developed, their predictive ability to match field-measured data has only been partially successful. Figure 5 presents the physical representation of the problem.

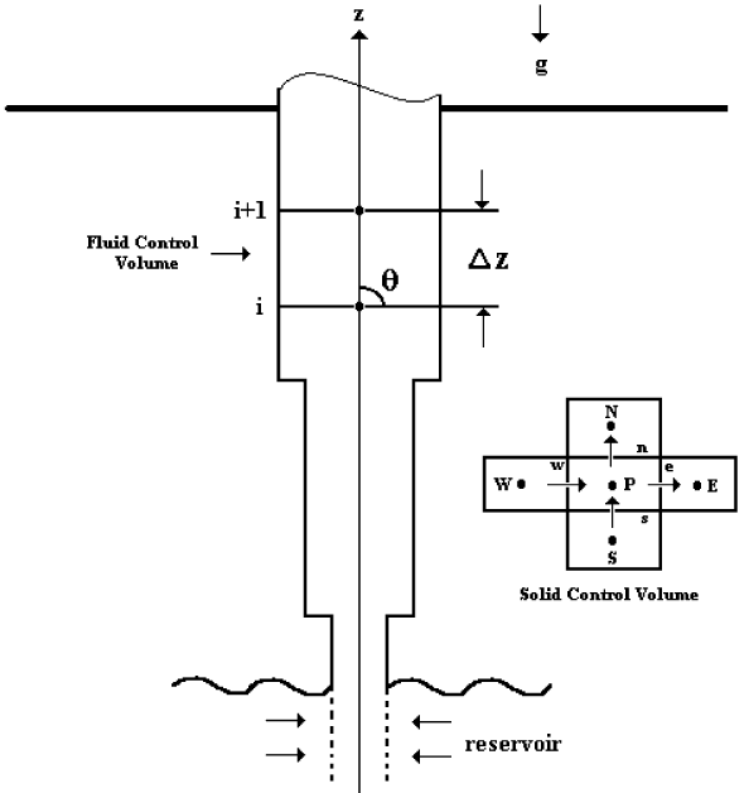


Fig. 5. Physical representation of the problem [17].

2.3 THE DATA NEEDED TO MODEL A DRILLING OPERATION

Data concerning the geometry and hydrodynamics of the artesian and thermal borehole are summarized in Table 1 and mainly concern technical data from the artesian and thermal borehole drilled in the village of Hêtin-Sota, provided by the Benin Water Authority (DGEau).

Table 1. Geometric characteristics and hydrodynamic parameters of the Hêtin-Sota artesian and thermal well.

Geometric characteristics and hydrodynamic parameters of the Hêtin-Sota artesian and thermal well	
Drilling depth H (m)	417
Roof depth (m)	392
Thickness of the tank e_{res} (m)	25
Drill hole diameter D (m)	0.200
Flow rate Q (m^3/h)	60.16
Permeability (m/s)	10-5
Acceleration of gravity g (m/s^2 or N/kg)	9.81
Fluid temperature at the ground surface (°C)	53

Source: DGEau, 2024.

LITHOLOGY OF HÊTIN-SOTA

The different horizons of the drilling profile are presented in Table 2.

Table 2. Profile of the Hêtin-Sota thermal borehole.

Upper depth (m)	Minimum depth (m)	Lithology	Description
0	47	Clay	Clay
47	75	Fine sand	Fine sand interbedded with sandy clay
75	104	Clay sand	Clay sand + fine sand + loamy sand
104	284	Clay	Clay + clayey sand loam
284	288	Clay	Gray-blue clay
288	298	Marne	Dark sandstone and blackish gray
298	368	Clay	Layered gray clay
368	392	Limestone	Calcareous clay and sandy loam
392	398	Limestone	Marble and white limestone
398	417	Lmestone	Cracked whitish shell limestone

Source: DGEau, 2024.

2.4 Formulation Of Equations In Drilling

The code is mainly based on solving simplified Navier-Stokes equations, the heat equation, and certain parietal closure laws. As a first step, the system of equations is solved using the homogeneous model, which assumes that the velocity of the liquid and that of the vapor produced are equal. This assumption will be corrected later by a slip ratio factor. The homogeneous model allows us to consider the two-phase mixture as a single phase by replacing the quantities of this phase with those of the mixture. In all of the following, discretization is performed using the finite difference method with an explicit scheme.

2.4.1 Momentum Equation With An Explicit Scheme

The momentum equation allows us to calculate pressure by calculating hydrostatic pressure and pressure losses. Pressure losses are calculated using the following formula:

$$\frac{dp}{dz} = -\frac{\lambda * L * \rho * U^2}{2.D_h} \quad (1)$$

with:

dp⁄dz: pressure variation per unit length (linear pressure);
λ: pressure loss coefficient (or friction coefficient);
L: Length of the pipe;
ρ: Density of the fluid;
U: Average velocity of the fluid in the pipe;
D_h: Hydraulic diameter of the pipe.
dz: Space variation (or distance between grid points);
dp: Pressure variation.

After discretization using the finite difference method with an upstream offset scheme, we obtain the following expression:

$$dp_{drillng}(k-1) = p_{drilling}(k) - \rho * g * dz - \frac{\lambda * L * U^2}{2.D} \quad (2)$$

$dp_{drilling}$ (k-1): The pressure drops between point (k-1) and point k;
$p_{drilling}$ (k): The pressure at the end of the element, at point k;
-ρ.g.dz: The head loss term related to elevation, representing the pressure difference due to the change in altitude (dz), calculated according to Bernoulli's equation;
- (λ.L.ρ. U^2) / (2.D): The head loss term related to friction in the pipe.

Here we assume that $p_{drilling}$ (1) corresponds to the pressure at the bottom of the borehole and p_drilling (nboring) to the pressure at the top of the borehole.

The initialization of the pressure, i.e., the pressure field at the initial moment, is calculated by the hydrostatic pressure, and we assume that at the initial moment, only liquid water exists in the well.

$$p_{1drlng}(k-1) = p_{1drilling}(k) - \rho_l . g . dz \quad (3)$$

$p_{1drilling}$ (k-1): Pressure at the lower point;
$p_{1drilling}$ (k): Pressure at the upper point,
ρ_l: Density of the liquid fluid.

The pressure at the bottom of the well is calculated by calculating the pressure in the reservoir:

$$p_{Ndrilling} = p_{res}(n_{res}) \quad (4)$$

2.4.2 HEAT EQUATION

The heat equation allows us to model the temperature field in the fluid domain:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + U\frac{\partial T}{\partial z} = D\frac{\partial^2 T^2}{\partial z} - h * \left(T(z) - T_p(z)\right) \quad (5)$$

∂T/∂t (Accumulation term/time variation): describes the rate at which temperature T changes over time t at a fixed-point z;
U ∂T/∂z (Convection term): represents heat transport due to fluid (or medium) movement at speed U along the z direction. If U is positive, heat is transported in the direction of increasing z.
D (∂^2 T/∂z^2) (Conduction/diffusion term): describes the propagation of heat by thermal conduction (diffusion).
D: The thermal diffusivity coefficient of the material. This term tends to equalize the temperature in the medium.
-h* (T (z) -Tp (z)) (Source/sink term, often related to convection or surface exchange): represents heat exchange between the main medium (at temperature T (z)) and a surrounding medium (at temperature Tp (z));
h: A heat exchange coefficient (or similar parameter).

After discretization and using an explicit centered scheme, we obtain:

$$T^{N+1}(k) = T^N(k) - U * \frac{dt}{dz}\left(T^N(k+1) - T^N(k)\right) + D * \frac{dt}{dz^2}\left(T^N(k+1) - 2T^N(k) + T^N(k-1)\right) - h * dt * (T^N(k) - T^{pN}(k)) \quad (6)$$

$T^{N+1}(k)$ $T^{N+1}(k)$: The temperature at grid point k at time N+1;

$T^N(k)$ $T^N(k)$: The temperature at grid point k at time N;

$U * \frac{dt}{dz}\left(T^N(k+1) - T^N(k)\right)$: Convection term. It models heat transfer due to fluid motion;

$D * \frac{dt}{dz^2}\left(T^N(k+1) - 2T^N(k) + T^N(k-1)\right)$: A diffusion term that models heat dispersion through the medium;

$T^{pN}(k)$: Ambient temperature at grid point k at time N

dt: Variation de temps.

2.4.3 PHASE CHANGE

The condition T (z) >T_{sat} (p (z)) means that boiling begins when the liquid substance reaches a temperature T (z) higher than its saturation temperature T_{sat} at a given pressure p (z). In other words, boiling occurs when the temperature of the liquid exceeds the temperature at which its vapor pressure equals the ambient external pressure.

HYPOTHESES

It is assumed that the temperature (T) of the fluid as a function of time (t) and position (z) is equal to the saturation temperature (T_{sat}) during boiling:

$$T(t,z) = T_{sat}\big(p(t,z)\big) \quad (7)$$

A term is then added to the heat equation, the heat flow from the phase change:

$$Q_{chang\ phase} = G * h_{lg} * \left(\frac{dx}{dz}\right) \quad (8)$$

Avec:

$$G = Q * \Big(\rho_g * x + \rho_l * (1-x)\Big) * \pi * R^2 \quad (9)$$

$Q_{phase\ change}$: Heat flow associated with phase change (in watts)
h_{lg}: Latent energy of phase change (latent heat);
Q: The density of the fluid in the context of phase change;
ρg: The density of the gas phase;
ρ_l: The density of the liquid phase;
x: The vapor fraction (or phase fraction);
R: The radius of the cross section.

Since the temperature is equal to the saturation temperature, the heat equation becomes:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + U * \frac{\partial T}{\partial z} = D * \frac{\partial T^2}{\partial z^2} - h * \Big(T_{sat}\big(p(z)\big) - T_p(z)\Big) - G * \frac{h_{lg}}{\rho c_p} * \frac{dx}{dy} \quad (10)$$

Thus,

$$G * \frac{h_{lg}}{\rho c_p} * \frac{dx}{dy} = -U * \frac{\partial T}{\partial z} + D * \frac{\partial T^2}{\partial z^2} - h * \Big(T_{sat}\big(p(z)\big) - T_p(z)\Big) \quad (11)$$

After discretization, we have:

$$\begin{aligned} x_N(k+1) = x_N(k) - dz * G * h_{lg} \\ * \Big(U * dz * \big(T_N(k+1) - T_N(k)\big) + D * dz^2\big(T_N(k+2) - 2 * T_N(k+1) + T_N(k)\big) - h \\ * \Big(T_N(k) - T_{pN}(k)\Big)\Big) \end{aligned} \quad (12)$$

$x_N(k+1) = x_N(k)$ (Time term) which represents an explicit approximation of the time derivative. It uses the temperature value at time (k) to calculate the value at time (k+1);

$D * dz^2\big(T_N(k+2) - 2 * T_N(k+1) + T_N(k)\big)$ (Diffusion term) which represents thermal diffusion. It uses an approximation of the second spatial derivative, and it is necessary to know the values at time points k and k+1;

$h * \big(T_N(k) - T_{pN}(k)\big)$ (Convection term) which represents convection. It uses the temperature difference between the point in space and its environment to estimate the heat lost by convection.

$U * dz * \big(T_N(k+1) - T_N(k)\big)$ (Heat generation term) which represents heat generation. It depends on heat flux and thermal energy.

The equation can be simplified by grouping similar terms. For example, the terms T_N (k+1) and T_N (k) can be grouped together, which simplifies the expression of T_N (k+1).

We use the expression of the homogeneous model of the volume fraction:

$$R_g(k) = x(k)\Big(x(k) + \rho_g * \rho_l * \big(1 - x(k)\big)\Big) \quad (13)$$

2.5 Model Code Description

The code developed in this study uses the equations formulated in the previous section and uses the Matlab language to code them.

The code begins with:

- Start of the program;
- Read all problem parameters;
- Initialize variables;
- Calculate pressure in the reservoir;
- Start a time loop:
    - Start a loop on the depth z of the borehole;
        - Calculate all the properties of the mixture;
        - Calculate all the pressure loss coefficients and the convective heat transfer coefficient of the liquid;
        - Calculate the pressure in the borehole using the hydrostatic pressure and the pressure losses of the mixture;
        - The temperature will be equal to the saturation temperature, which is calculated from the pressure;
        - If the temperature is lower than the saturation temperature, then:
            - If the vapor pressure is greater than 0, which means that the fluid was boiling and consists of vapor and liquid, then:
                - ✓ Calculates the convective heat transfer coefficients of the mixture;
                - ✓ The transported heat flux (which takes into account advection, diffusion, and heat losses) is used to calculate the new mass title;
            - If the vapor title is equal to 0, then the fluid is entirely composed of liquid, and the heat flow transported is used to further heat the liquid.
        - If the temperature is greater than or equal to the saturation temperature;
            - If the vapor content is between 0 and 1, then the temperature becomes equal to the saturation temperature and the heat flow transported contributes to the phase change;
            - If the vapor content is equal to 1, then the fluid is entirely in the vapor phase and the heat flow is used to heat the vapor;
    - End of the loop on the depth z of the borehole;
    - Calculation of boundary conditions;
    - Verification of the convergence condition;
- End of the time loop;
- Writing the result files
- End of the program

3 Results

In this section, we will present the results:

- of the calculation of the fluid temperature in the reservoir based on the temperature at the wellhead and the depth of the well;
- of the calculation of the fluid density as a function of temperature;
- of the calculation of the pressure in the reservoir and at the wellhead;
- the results obtained using the code developed during this work:

In all of the following, we assume that initially there is only pure liquid water in the well and reservoir, and we initialize the pressure field with hydrostatic pressure.

3.1 CALCULATION OF THE TEMPERATURE OF THE FLUID IN THE RESERVOIR

The reservoir temperature was not available in the data obtained from the Directorate General of Water. It was therefore estimated based on the temperature at the top of the borehole and the depth of the borehole, taking into account the average geothermal gradient of the earth [12].

$$g_G = \frac{\Delta T}{\Delta Z} = 0.033\ {}^{\circ}\mathrm{C}/_{m} \quad (14)$$

$$T_{res} = T_{soil} + (g_G * H) \quad (15)$$

Where:

g_G: Geothermal gradient
ΔT: Temperature variation
ΔZ: Altitude variation
T_{res}: Temperature in the reservoir
T_{soi}l: Temperature at the ground surface
H: Drilling depth

We then have:

$$T_{res} = 53\ ℃ + (0.033\ \frac{℃}{m} * 417\ m) = 66.76\ ℃$$

3.2 CALCULATION OF FLUID DENSITY AS A FUNCTION OF TEMPERATURE

Temperature affects the properties of fluids that influence their flow, mainly their density and viscosity. Since this work deals with basic geothermal energy (temperatures ranging from 30 to 100°C), Lefebvre R.'s [13] proposal from 2006 was used, which indicates the following correlations for assessing the effect of temperature (T) on the density (ρ) and kinematic viscosity of liquid water (ϑ). Dynamic viscosity is defined as the ratio of the viscosity of a fluid to the square of its density. 2006, which indicates the following correlations to evaluate the effect of temperature (T) on the density (ρ) and kinematic viscosity of liquid water (ϑ). Dynamic viscosity (μ) was calculated from the product of density and kinematic viscosity.

$$\rho(T) = 1000.2 - (0.0478 * T) - (3.88 * 10^{-3} * T^2) \quad (16)$$

$$\vartheta(T) = \frac{1.78*10^{-6}}{1+(0.0337*T)+(0.000221*T^2)} \quad (17)$$

Table 2 below shows certain properties of liquid water as a function of temperature:

Table 3. Properties of saturated liquid water [14].

T (℃)	$\rho(Kg/m^3)$	$C_p(J/Kg * ℃)$	$\lambda(Wm * ℃)$	$10^4 * \mu\ (Pa * s)$
0	1002	4218	0.552	17.90
20	1001	4182	0.597	10.10
40	995	4178	0.628	6.55
60	985	4184	0.651	4.71
80	974	4196	0.668	3.55

3.3 CALCULATION OF PRESSURE IN THE RESERVOIR AND AT THE WELLHEAD

The pressure in the reservoir and at the top of the well were not available in the data obtained from the Benin Water Authority. The pressure in the reservoir is estimated based on the depth of the well, taking into account the variation in pressure in geothermal wells [15].

$$\frac{\Delta p}{\Delta Z} = 0.14\ {}^{bar}/_{m} \quad (19)$$

$$p_{res} = \frac{\Delta p}{\Delta Z} * H \quad (20)$$

We obtain:

With p_{res}: Static pressure in the reservoir

$$p_{res} = 0.14\ \frac{bar}{m} * 417m\ = 58.38\ bars$$

$$p_{res} = 58.38\ bars$$

To estimate the pressure at the wellhead, the following relationship was used [16]:

$$p_{res} = p_{head} + \rho_w * g * H + \frac{\mu * Q}{e_{res} * k_{in}}\ + 0{,}06642 * \rho_w * \frac{H}{D^{4{,}8}} *\ Q^{1{,}8} * \vartheta^{0{,}2} \quad (21)$$

$$p_{head} =\ \ p_{res} - \left(\rho_w * g * H + \frac{\mu * Q}{e_{res} *\ k_{int}}\ + 0{,}06642 * \rho_w * \frac{H}{D^{4{,}8}} * Q^{1{,}8} * \vartheta^{0{,}2}\right) \quad (22)$$

And:

$$k_{int} = \frac{\mu * K}{\rho * g}$$

With:

p_{head}: Pressure at the wellhead
ρ_w: Density of the fluid
Q: Production rate
e_{res}: Thickness of the reservoir
k_{int}: Intrinsic permeability of the fluid
K: Permeability of the fluid
D: Diameter of the wellbore
g: Acceleration due to gravity

Using formula (16), we have ρ_w:

$$\rho_w = \rho(T = 66{,}67) = 1000.2 - 0.0478 * 66{,}67 - 3.88 * 10^{-3} * 66{,}67^2 = 979{,}767\frac{Kg}{m^3}$$

Formula (17) can be used to calculate the value of ϑ:

$$\vartheta(T = 66.67) = \frac{1.78 * 10^{-6}}{1 + 0.0337 * 66.67 + 0.000221 * 66.67^2}\ = 4.209 * 10^{-7}$$

The intrinsic permeability value k_{int} is calculated as follows:

$$k_{int} = \frac{4{,}12 * 10^{-4} * 10^{-5}}{979{,}767 * 9{,}81} = 2{,}5719 *\ 10^{-12}\ \ m^2$$

Finally, according to formula (22), we have:

$$p_{head} = 15.62\ bars$$

3.4 Results Obtained By The Code Developed During This Work

Figure 6 below shows the pressure and temperature profiles.

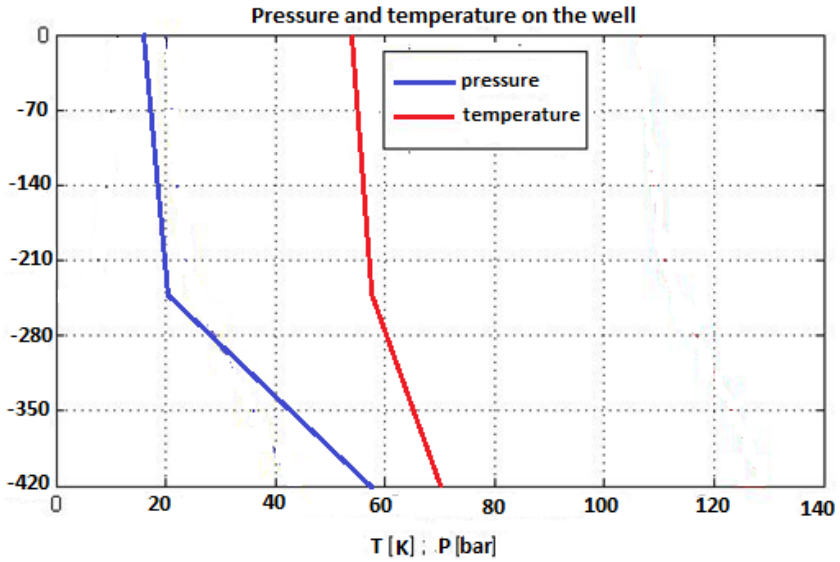


Fig. 6. Variation in fluid pressure and temperature in the Hêtin-Sota artesian and thermal borehole in the municipality of Dangbo.

4 DISCUSSION

The results generated by the code developed during this work confirm the temperature values (T_{res}=66.76°C), static pressure (p_{res}=58.38 bars) in the reservoir at this location, and the head pressure (p_{head}=15.62 bars) of the thermal artesian well determined by the analytical method. The pressure profiles (Figure 7) below were extracted from the article "Numerical modeling of flow processes inside geothermal wells: An approach for predicting production characteristics with uncertainties" by O. García-Valladares, P. Sanchez-Upton, and E. Santoyo [16].

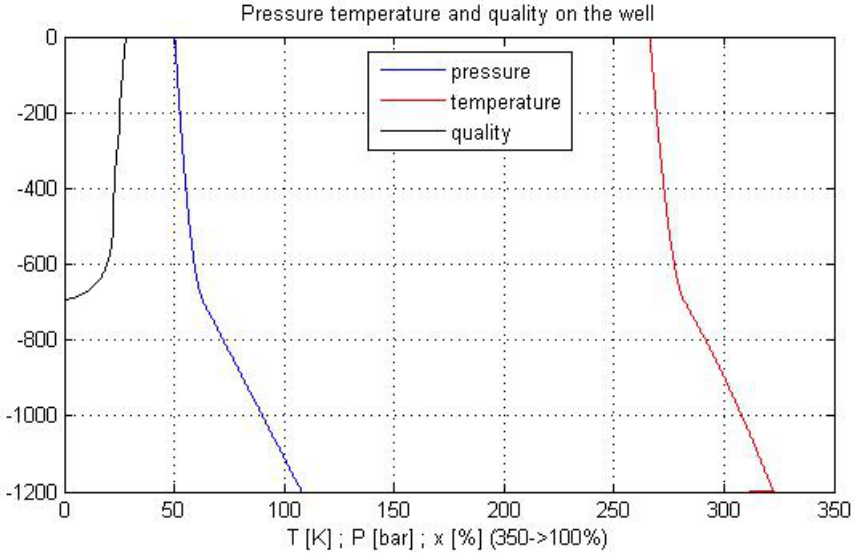


Fig. 7. Variation in pressure, temperature, and fluid quality in artesian and thermal wells [17].

It can be seen that the pressure and temperature profiles obtained and those found in the literature are similar.

Geothermal energy is a powerful and sustainable resource that lies beneath our feet and offers a reliable alternative for heating, air conditioning, and electricity generation [18].

According to the French Association of Geothermal Professionals [19], the temperature above ground, i.e., at the top of the artesian and thermal well in Hêtin-Sota in the municipality of Dangbo, is 53°C, therefore between 30°C and 100°C, and the

depth of the well is 417 m, therefore between 400 and 2000 m, the geothermal energy from this well can be harnessed in various ways:

- Through an urban heating network (including collective housing, public buildings such as schools, hospitals, theaters, etc.),
- Through other applications:
  - industrial (processes using steam, hot air, or hot water),
  - agricultural (greenhouse heating, fish farming, drying),
  - water-based (swimming pools, water parks, thermal baths, etc.).

The town of Hêtin-Sota, in the municipality of Dangbo, is part of the Ouémé Valley in Benin, ranked as the second richest valley in the world after the Nile in Egypt [20]. It is undoubtedly a very fertile valley with significant agricultural potential covering more than 70,000 ha, but less than 30% of this area is currently being farmed. In order to reduce poverty and improve food security in the commune of Dangbo in Benin, the results of this work aim to develop the Hêtin-Sota thermal artesian well, using its geothermal energy to enhance the agricultural land of the commune. This article is intended to be a response to an urgent need of the population for agricultural development in the Ouemé area. This well is an excellent source of renewable heat for agriculture. The resource from the Hêtin-Sota underground reservoir is perfectly suited for heating greenhouses, aquaculture, and agricultural drying.

5 CONCLUSION

The development of the Hêtin-Sota artesian and thermal borehole will be of great benefit to the beneficiary communities, the municipality, and the entire national and regional population. The Hêtin-Sota thermal spring is well known and immediately exploitable, and preliminary studies exist, but they do not provide information on all of its characteristics. This article has therefore identified certain characteristics that are essential for the development of the Hêtin-Sota artesian and thermal borehole. The results generated by the code developed during this work confirm the temperature and static pressure values in the reservoir at this location, as well as the pressure value at the head of the artesian thermal borehole determined by the analytical method. A PPP (public-private partnership) is desirable for the equitable use of this resource for therapeutic and recreational purposes, enabling the creation of profitable spas and national parks equipped with public baths for the population. In the future, research on thermal waters should focus on the cultural and medicinal aspects of these hot, mineral-rich fluids.

REFERENCES

[1] Parriaux, A., Blunier, P., Maire, P., Dekkil, G., Tacher, L. (2010). Projet Deep City Ressources du sous-sol et développement durable des espaces urbains; Rapport de recherche PNR 54. http://dnb.d-nb.de ISBN 978-3-7281-3332-8 DOI 10.3218/3332-8.

[2] Culot, A. (2022). Is the basement the forgotten part of the energy transition? (Le sous-sol, le grand oublié de la transition énergétique?), CNRS Journal (CNRS Le Journal), https://lejournal.cnrs.fr/articles/le-sous-sol-le-grand-oublie-de-la-transition-energetique.

[3] Arnauld de Sartre, X., S., Chailleux (2021). The incomplete implementation of French underground policy, Introduction, Nature Sciences Societies (L'incomplète mise en politique du sous-sol français, Introduction, Nature Sciences Sociétés), 298, pp.2-11.

[4] Mungai, P. (2012). Spa tourism in East Africa: challenges and prospects Paris (Le tourisme thermal en Afrique de l'Est: enjeux et perspectives Paris).

[5] Bortolotti, P., Cros, V., Romera, M., Talatchian, P., Tsunegi, S., Abreu Araujo, F., & Grollier, J. (2018). Vowel recognition with four coupled spin-torque nano-oscillators. Nature, 563 (7730), 230-234.

[6] Ammari, S., Champiat, S., Dercle, L., Massard, C., Hollebecque, A., Postel-Vinay., S., & Ferté, C. (2017). Treated by anti-PD-1/PD-L1.Clinical Cancer Research, 23 (8), 1920-1928.

[7] Navarro-Carrillo, G., Beltrán-Morillas, A.M., Valor-Segura, I., & Expósito, F. (2017) What is behind envy? Approach from a psychosocial perspective / Qué se esconde detrás de la envidia? Aproximación desde una perspectiva psicosocial. Revista de Psicología Social, 32 (2), 217-245. https://doi.org/10.1080/02134748.2017.1297354.

[8] Purwaningsih, Noviyanti., Priyo Sambodo. (2017). infestasi cacing saluran pencernaan pada kambing kacang peranakan ettawa diprovinsi papua barat gastrointestinal helminth infestation on ettawa crossbreed goat in amban subdistrict manokwari barat district manokwari regency west papua province. Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu Vol. 5 (1): 8 - 12.

[9] Ndikumana, J.L. M., Uwimana, A., Legrand, E., Stokes, B. H., Warsame, M., Umulisa, N., & Menard, D. (2020). Emergence and clonal expansion of in vitro artemisinin-resistant Plasmodium falciparum kelch13 R561H mutant parasites in Rwanda. Nature medicine, 26 (10), 1602-1608.

[10] Sachs, J. D. (2005). The End of Poverty. Albin Michel (La fin de la pauvreté. Albin Michel).

[11] Egil, F. (2015). The Sustainable Development Goals, a new «crystal palace». African politics (Les Objectifs de développement durable, nouveau « palais de cristal). Politique africaine, 140 (4), 99-120.

[12] Zerrouki, M. (2007). Contribution to the promotion of geothermal energy applications in the Ouragla region (Contribution à la valorisation de l'énergie géothermique applications à la région d'Ouragla). Master's thesis (Mémoire de Magister), Kasdi Merbah University of Ouargla, Algeria (Université Kasdi Merbah Ouargla d'Algérie), 112p.

[13] Lefebvre, R. (2006). Lecture notes: Multiphase flow in porous media (Note de cours: Écoulement multiphase en milieu poreux). INRS-Ete, Québec, 371 p.

[14] Pahud, D. (2002). Geothermal energy and heat storage Laboraorio di Energia, Ecologia ed Economia; site internet https://www.Leee.dct.supsi.ch/urec.htm/.

[15] Hubbert, M.K., Willis, D.G. (1957). Mechanics of hydraulic fracturing. Pet Trans AIME. 210: 153-168.

[16] Hountondji, B., Codo, F. P., Aina M.P. (2019). Simulation of underground water flow in monzoungoudo hydraulic drilling in Benin. Larhyss Journal, 39, 143-152.

[17] García-Valladares, O., Sanchez-Upton, P., Santoyo, E. (2006). Numerical modeling of flow processes inside geothermal wells: An approach for predicting production characteristics with uncertainties Energy Conversion and Management Volume 47, Issues 11–12, Pages 1621-1643.

[18] Synodal drills (Forets sinodaux). (2025), https://www.sinodrills.com/fr/geothermal-drilling/.

[19] AFPG. (2025). Geothermal energy in France: the energy of tomorrow, today! (La géothermie en France, l'énergie de demain, dès aujourd'hui!) Publisher (Éditeur): AFPG, 77 rue Claude Bernard 75005 Paris; www.afpg.asso.fr/mediatheque.

[20] Hounkanrin, J.B. (2015). Agricultural development of the Ouémé Valley in the municipality of Bonou: assessment and trajectory (Mise en valeur agricole de la vallée de l'Ouémé dans la commune de Bonou: diagnostic et trajectoire). University of Abomey-Calavi, Benin. (Université d'Abomey-Calavi, Bénin). NNT: tel-03786960.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 783-793
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Induction de cals des explants de trois provenances de Karité (*Vitellaria paradoxa*) au laboratoire d'Agro physio-génétique et de biotechnologies végétales de l'IPR/IFRA de Katibougou

[Induction of callus formation in explants from three provenances of Shea (*Vitellaria paradoxa*) at the Agro-physio-genetics and Plant Biotechnology Laboratory of the IPR/IFRA in Katibougou]

Moussa Dramane Traoré[1], Moussa Abdoulaye[1], Aly Kansaye[1], and Moussa Karembé[2]

[1]Laboratoire d'Agro-physio-génétique et de biotechnologies végétales, IPR, IFRA, Katibougou, Mali

[2]Laboratoire d'Ecologie Tropicale, Faculté des Sciences et Techniques, Bamako, Mali

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

ABSTRACT: Shea is a species native to the Sudanian-Sahelian zone. This species is confronted by climate change and human activity. Unfortunately, young plants do not have time to grow due to their very slow growth rate in their natural environment. An in vitro production study at the IPR/IFRA Laboratory of Agro-physio-genetics and Plant Biotechnology is underway for the improvement of this species. A completely randomized design was used. The plant material consisted of three provenances of leaf explants. The parameters observed were contamination, the rate of explants initiated, the rate of explants forming calluses, callus expression, weight, callus diameter in light and dark conditions, and callus regeneration. The STATITCF software was used for data analysis. The best disinfection rate was observed with the T3 test, with 2.5% contamination. The survival rate showed no significant difference (P=0.0934). However, a highly significant difference was found between the sources, with 75.35% for the Siby explants. For callus induction, a highly significant difference (P=0.0000) was observed. Regarding provenance, the analysis of variance showed no significant difference (P=0.9557). Different callus shapes and appearances were observed under conditions of light and continuous darkness Analysis showed a highly significant difference (P=0.0119) in callus survival rate between expression media. Under light culture conditions, the diameter and weight of the calluses showed no significant difference (P=0.3101). However, under continuous darkness, the analysis of variance revealed a highly significant difference (P=0.0018) of 1 cm and 1.39 g, respectively.

KEYWORDS: Mali, photoperiod, culture, regeneration, hormone.

RESUME: Le karité est une espèce de la zone soudano-sahélienne. Cette espèce est confrontée aux aléas climatiques et des actions anthropiques. Les jeunes plants n'ont malheureusement pas le temps de grandir à cause de la croissance très lente dans leurs milieux naturelle. Des recherches de production *in vitro* au laboratoire d'Agro-physio-génétique et de biotechnologies végétales de l'IPR/IFRA est en cours pour l'amélioration de cette espèce. Un dispositif en randominisation totale a été adopté. Le matériel végétal était constitué de trois provenances d'explants foliaires. Les paramètres observés ont été contamination, le taux d'explants initiés, le taux d'explants formant des cals, l'expression des cals, le poids, le diamètre radial des cals en condition de lumière et d'obscurité, la régénération des cals. Le logiciel STATITCF a servi l'analyse des données. La meilleure désinfection a lieu avec le test T3 avec 2,5% de contamination. Le taux de survie n'a pas montré de différence significative (P=0.0934). Par contre une différence hautement significative a lieu entre les provenances avec 75,35% pour les explants de Siby. Pour l'induction de cals, une différence hautement significative (P=0.0000) a été observée. Quant aux provenances, l'analyse de variance n'a pas montré de différence significative (P=0.9557). Différentes formes et aspects des

Corresponding Author: Moussa Dramane Traoré

cals ont été observés dans les conditions de 16h/8 de lumière et d'obscurité continue. L'analyse a montré une différence hautement significative (P=0.0119) du taux de survie des cals formés. En condition de culture de 16h/8 de lumière, le diamètre radial et le poids des cals n'ont pas montré de différence significative (P=0.3101). Cependant en obscurité continue, l'analyse de variance a donné une différence hautement significative (P=0.0018) respectivement 1cm et 1,39g.

MOTS-CLEFS: Mali, photopériode, culture, régénération, hormone.

1 INTRODUCTION

Le karité (*Vitellaria paradoxa*) est une plante spécifique au continent Africain. Son aire naturelle de répartition géographique s'étend au sud du Sahara du Sénégal oriental jusqu'au Nord-Ouest de l'Ouganda entre le 16ème degré longitude Ouest et le 34ème degré longitude Est [1] formant une superficie environ un million de Km^2 [2]. Suivant cette répartition géographique, deux sous-espèces (*Nilotica* et *Paradoxa*) sont présentes dans 21 pays d'Afrique [3].

Le Mali possède le plus grand parc à karité d'Afrique [4]. Il joue un rôle important dans la vie quotidienne des populations rurales [5]. Les produits du karité génèrent des revenus pour des femmes rurales [6] et constitue un moyen important de subsistance [7]. Le beurre extrait de ses amandes a des caractéristiques similaires au beurre de cacao utilisé dans la confiserie [7] et est utilisé comme un produit de base pour les médicaments traditionnels et les lotions dans les industries pharmaceutiques et cosmétiques. C'est un corps gras très riche en acide stéarique [2] et est consommé par plus de 80 millions de personnes dans les milieux ruraux [8].

Le pouvoir germinatif des graines est très court [9]. La regénération naturelle des jeunes plants est très lente [10]. Toutefois, les pratiques agricoles mécanisées défavorisent fortement ces populations de jeunes plants. Malheureusement les techniques de multiplications classiques utilisées telles que le bouturage et le marcottage ne lui réussissent pas le plus souvent à cause de l'enracinement difficile des boutures [11], [12]. Le greffage est rendu compliqué par le latex qui étanchéifie rapidement les vaisseaux de transpiration sur la surface des branches coupées de la plante.

La calogenèse, une technique de production de plants a été testée par [13] et [14]. A ce effet, les travaux de [14] sur la typologie de 7 genotypes de karité en relation avec leur réponse à la calogenèse ont donné des résultats encourageants. A partir des cals, [15] ont pu régénérer des explants de karité en utilisant l'AIB (acide indole butyrique), le BAP (6-benzylaminopurine) et l'ANA (acide naphtalène acétique). [16] a pu induire des explants à la calogenèse à travers des auxines et des cytokinines. Une autre étude menée par [17] a permi de régénérer des plantules sur des cals.

L'objectif général de ce travail est d'étudier la calogénèse de karité (*Vitellaria paradoxa*) à partir des explants foliaires des jeunes plants de karité.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL

2.1.1 MILIEU PHYSIQUE

Les travaux de labo ont été faits à l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée de Katibougou (IPR/IFRA). Les plants de trois provenances (Katibougou, Dio-gare et Siby) ont été choisis. Ces sites sont situés respectivement à 3,5km, 75km et 110km de la ville de Koulikoro. Les coordonnées des provenances ont été fournies par le GPS-MAP-64S-GARMIN (Tableau1).

Tableau 1. Coordonnées des villages de collecte

Pays	Région	Villages	Coordonnées géographiques
Mali	Koulikoro	Katibougou	12°54'14'' latitude N 7°32'38'' longitude O 326 m altitude
		Siby	12°21'43'' latitude N 8°20'0'' longitude O 826m altitude
		Dio-gare	Latitude 12°48'50,001''N Longitude 8°15'03,0''O Altitude 420 m

2.1.2 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Le matériel végétal utilisé était constitué de jeunes feuilles de karité. Elles ont d'abord été débarrassées de leur limbe foliaire en ne laissant que les nervures principales. Ces nervures sont ensuite découpées en explants de 3-5cm de longueur (Figure 1).

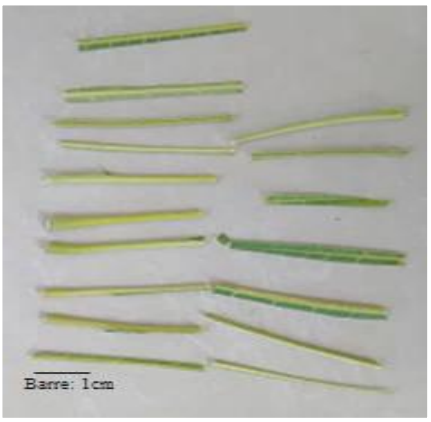


Fig. 1. Explants de karité

2.2 MÉTHODES

2.2.1 DÉSINFECTION DES EXPLANTS

La désinfection des explants a lieu sous une hotte à flux laminaires (Luminar flow). Elle a été faite suivant trois tests de désinfection. La hotte est d'abord allumée et mise sous UV pendant 5min avant d'être nettoyée et préparée pour la suite des travaux. Trois tests ont été utilisés (tableau 2). Le nombre boutures pour chaque test de désinfection était limité à 40.

Tableau 2. Protocole de désinfection

Tests	Produits utilisés	Concentrations des produits	Temps de trempage	Nombre d'explants
T1	Ethanol	70°C	30s	40
	Eau de javel	0,5°chl	15min	
T2	Ethanol	70°C	30s	40
	Eau de javel	0,5°chl	15min	
	Amuchina 5%	0,5°	15min	
T3	Ethanol	70°C	30 s	40
	Eau de javel	0,5°chl	15 min	
	Amuchina 5%	0,5%	15 min	
	Mercure	0,1%	15 min	
	Rinçage à l'eau distillée stérile 3 fois			

2.2.2 INITIATION DES EXPLANTS ET DE PRODUCTION DE CALS

Le milieu de Murashige et Skoog (MS) dilué à moitié (MS/2) en combinaison avec des auxines et des cytokinines a été utilisé pour déterminer le taux d'initiation des explants. La composition de l'ensemble de ces milieux est consignée dans le tableau 31.

Tableau 3. Composition des milieux du taux de survie des explants et de production des cals

Milieux de culture	MS (gl^{-1})	2,4-D ($mgl^{-1)}$	BAP (mgl^{-1})	Kin (mgl^{-1})	pH
M1	2,2	0,2	0	0	5,8
M2	2,2	0,4	0	0	
M3	2,2	2	0	0	
M4	2,2	2	1	0	
M5	2,2	2	1,0	1,0	

MS/2 = Murashige et Skoog dilué à moitié ; BAP= 6-Benzyl-amino-purine ; Kin= kinétine;
2,4-D = acide 2,4-dichlorophénoxyacétique.

2.2.3 MILIEUX D'EXPRESSION DES CALS

Sur ces milieux, le comportement des cals sera déterminé en condition de photopériodisme et en obscurité continue (poids, croissance radiale, aspect et couleur). Le milieu de base a été celui de Murashige et Skoog dilué à moitié auquel des doses d'auxines et cytokinines sont ajoutées (Tableau 4). En fonction des milieux et des provenances les cals seront pesés à la balance électronique de précision (Mxx-123-0,001g). Les mesures de diamètre seront faites avec un pied à coulisse.

Tableau 4. Composition de milieux d'expression des cals

N° milieux	MS (gl^{-1})	2,4-D (mgl^{-1})	BAP (mgl^{-1})	AIA (mgl^{-1})	TDZ (mgl^{-1})	Zéa (mgl^{-1})	AG3 (mgl^{-1})	pH
M1	2,2	0,1	0,1	0	0	0	0	5,8
M2	2,2	0	0	0,5	0,1	0	0	
M3	2,2	0	0	0	0,5	0	0	
M4	2,2	0	1	0	0,09	0,05	0,3	
M5	2,2	0	0	0	0,15	0,03	0	

TDZ = Thidiazuron, AIA = acide indole acétique; Zéa=Zéatine, AG3 = acide gibbérellique,
2,4-D = acide 2,4-dichlorophénoxyacétique, BAP = 6-benzylaminopurine.

2.2.4 MILIEUX DE RÉGÉNÉRATION DES CALS

Les cals formés seront transférés sur des milieux de régénération. Ces milieux sont enrichis en BAP (6-benzylaminopurine). Les cals ainsi formés vont pouvoir s'exprimer sous l'effet du 6-benzylaminopurine. Le milieu de base est celui de Murashige et Skoog dont les macroéléments sont réduits de moitié et la quantité de sucre sera doublée. Le tableau 5 donne la composition de milieux de régénération des cals.

Tableau 5. Composition de milieu de régénération des cals

N° de milieux	MS (g/l)	Myo-inositol (mg/l)	Sucrose (g/l)	BAP (mg/l)	Gelrite (g/l)	pH
M1	2,2	100	60	1	2	5,8
M2	2,2	100	60	2	2	
M3	2,2	100	60	3	2	
M4	2,2	100	60	4	2	

MS=Murashige et Skoog dilué, BAP = 6-benzylaminopurine.

2.2.5 Dispositif Expérimental

Le dispositif expérimental adopté a été la randomisation totale à quatre répétitions. Deux facteurs ont été étudiés (le milieu de culture et la provenance des explants). Les paramètres observés ont concerné la contamination, le taux de survie des explants, le taux d'induction des cals, l'expression des cals (croissance radiale, poids, et états des cals dans les conditions de culture de 16h/8) de lumièrebet d'obscurité continue), la régénération des cals.

2.2.6 Méthode d'analyse

Les données collectées ont été analysées au logiciel STATITCF. La comparaison des moyennes a été faite à l'aide de test de Newman et Keuls au seuil de 5%. Excel a été utilisé pour la représentation graphique des moyennes.

3 Résultats

3.1 Taux De Contamination Des Explants

Les résultats ont montré que le test T3 a été efficace avec un taux de contamination plus faible (2,5%) par rapport aux deux autres tests de désinfection qui ont enregistré respectivement 10% d'explants contaminés (Figure2).

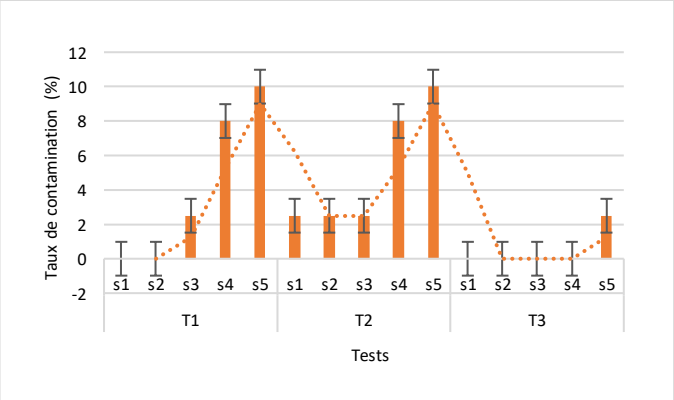


Fig. 2. Taux de contamination des explants T = test, S= semaine

3.2 Taux D'explants Initiés

L'analyse n'a pas montré de différence significative entre les milieux de culture par rapport à l'initiation (P=0,0934, Figure 3). Cependant tous les explants ont été initiés à plus de 60%.

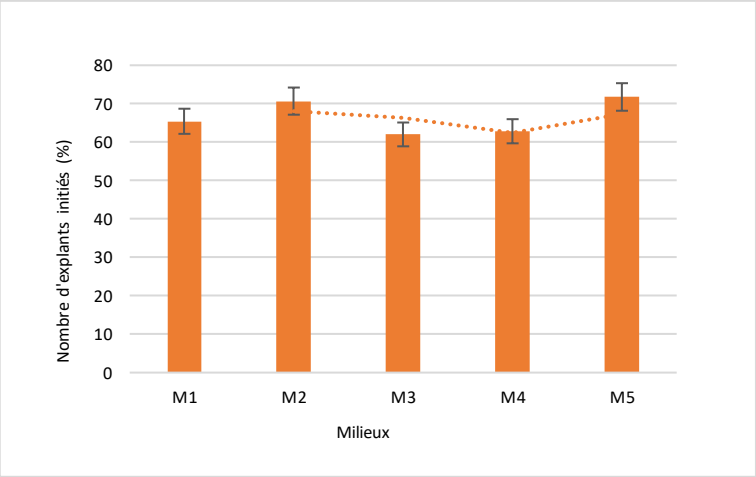


Fig. 3. Effets de milieux sur le taux d'explants initiés

3.3 EFFETS DE LA PROVENANCE SUR LE NOMBRE D'EXPLANTS INITIÉS

Par rapport à la provenance, une différence hautement significative (P=0,0000) a été observée avec un taux de 75,35% d'explants survécus pour la provenance de Siby et un minimum de 56,15% d'explants pour la provenance de Katibougou (Figure4).

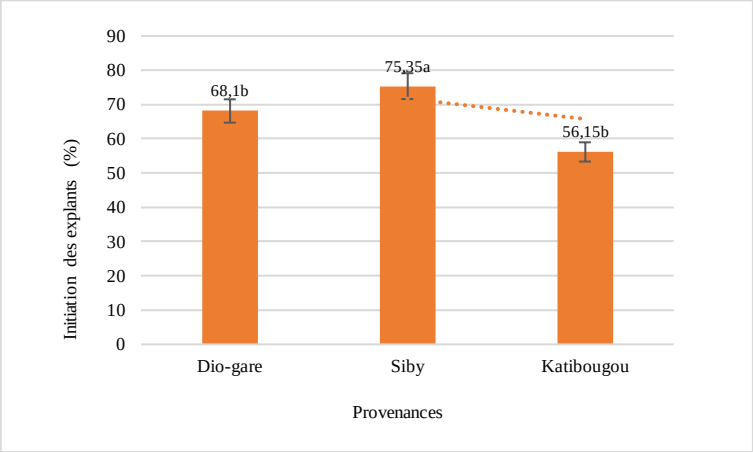


Fig. 4. Effets de la provenance sur le taux de survie des explants

3.4 EFFETS DE MILIEU DE CULTURE ET DE LA PROVENANCE SUR L'INDUCTION DE CALS.

A cette phase de culture (photopériodisme), l'analyse a montré une différence très hautement significative entre les milieux de culture (P=0,0000). Le milieu M4 (MS/2+2,4-D (2mgl^{-1} +BAP (1mgl^{-1}) +Kin (1mgl^{-1}) a été le meilleur milieu d'induction de cals avec un taux de 68% et le milieu M1 (MS/2+2,4-D (0,2 mgl^{-1}) a été moins favorable à la formation des cals avec 40,75% (Tableau 6).

Quant aux provenances, l'analyse a révélé une différence non significative (P=0,9557), (Figure 5).

Tableau 6. Moyennes et groupes homogènes du taux de cals formés

Milieux de culture	Moyennes obtenues	Groupes homogènes	Probabilité	Condition de culture
M4	68	a	0,0000	Photopériodisme
M5	66	a		
M3	59,83	a		
M2	45,75	b		
M1	40,75	b		

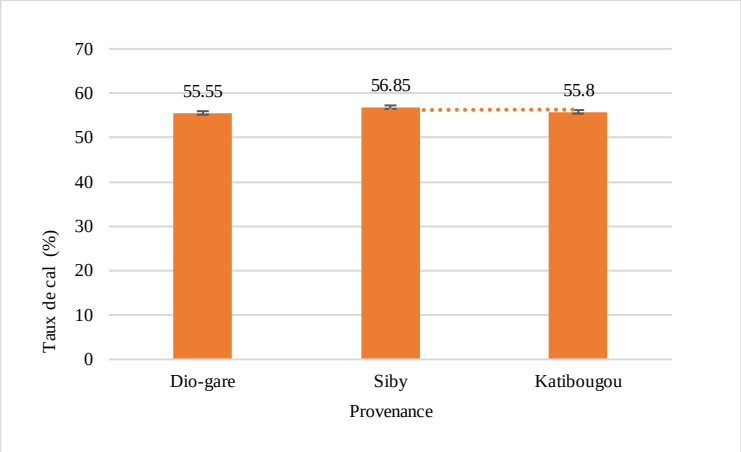


Fig. 5. Effets de provenance sur l'induction de cals des explants de nervure

3.5 Effets De Milieu Et De La Provenance Sur Le Poids Moyen Des Cals Formés

L'analyse de variance du poids moyen des cals sur les différents milieux a donné une différence hautement significative (P=0,0220), (Tableau 7). Les cals ont donné plus de poids sur le milieu M3: MS/2+2,4-D (2mgl^{-1}) +BAP (1mgl^{-1}). Le milieu M1: MS/2+2,4-D (0,2mgl^{-1}) a donné un poids inférieur à 1g. La comparaison des moyennes du test de Newman et Keuls au seuil de 5% a permis d'identifier trois groupes homogènes.

Par rapport à la provenance, l'analyse de variance a relevé une différence non significative (P=0,6272).

Tableau 7. Poids moyen des cals en fonction des milieux de culture

Milieux de culture	Poids moyens(g)	Groupes homogènes	Probabilité	Condition de culture
M3	1,54	a	0,0220	Photopériodisme
M4	1,41	a		
M5	1,24	ab		
M2	1,06	ab		
M1	0,71	b		

3.6 Taux De Survie Des Cals Sur Les Milieux D'expression

Les cals obtenus ont été transférés sur les milieux d'expression. Le taux de survie a été déterminé après les observations. L'analyse du nombre de cals sains sur les différents milieux a donné une différence hautement significative (P=0,0119, Tableau 3). Les milieux M2: MS/2+TDZ (0,1mgl^{-1}) +AIA (0,5mgl^{-1}) et le milieu M3: MS/2+2,4-D (2mgl^{-1}) +BAP (1mgl^{-1}) ont été les meilleurs milieux avec un taux de 3,25% chacun. Le milieu moins favorable a été le M5: MS/2+TDZ (0,15mgl^{-1}) +Zéa (0,03mgl^{-1}) avec un taux de 1,25%. La comparaison au test de Newman et Keuls a permis de regrouper les milieux en trois groupes homogènes (Tableau 8).

Tableau 8. Taux de survie des cals sur les milieux de culture

Milieu de culture	Nombre de cals vivants	Groupes homogènes	Probabilité
	Conditions de culture : Photopériodisme		
M2	3,25	a	0,0109
M3	3,25	a	
M1	2,50	ab	
M4	1,75	ab	
M5	1,25	b	

3.7 Croissance Et Poids Des Cals En Condition D'obscurité Continue

L'analyse de variance du diamètre des cals a donné une différence hautement significative (P=0,0018). La croissance des cals a été favorable sur le milieu M3: MS/4+TDZ (0,5mgl^{-1}) (Figure 6). Les cals friables sur le milieu M4: MS+TDZ (0,09 mgl^{-1}) +Zéa (0,05mgl^{-1}) ont donné le plus petit poids par rapport aux autres milieux de culture (Figure 7). Quant au poids (Figure 8), l'analyse a révélé aussi une différence hautement significative (P=0,0063).

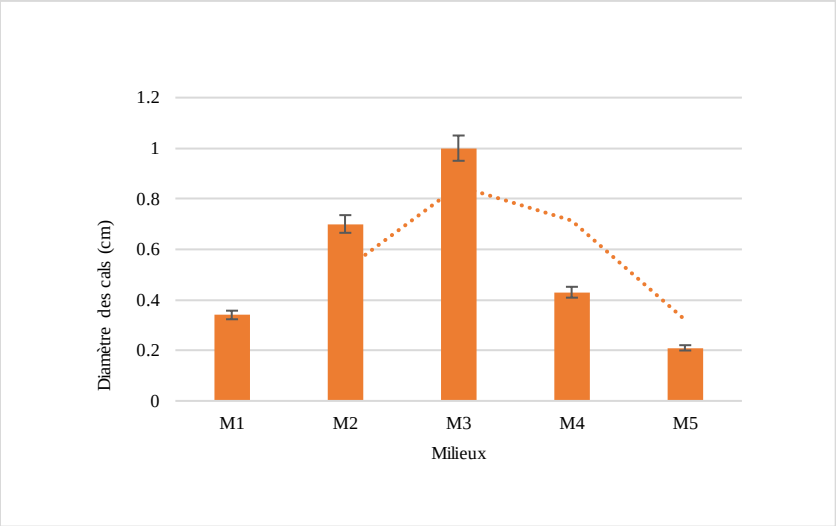


Fig. 6. Croissance radiale des cals en condition d'obscurité continue

Les moyennes des milieux ayant les mêmes lettres ne représentent pas entre elles de différences significatives au seuil de 5% du test de Newman et Keuls.

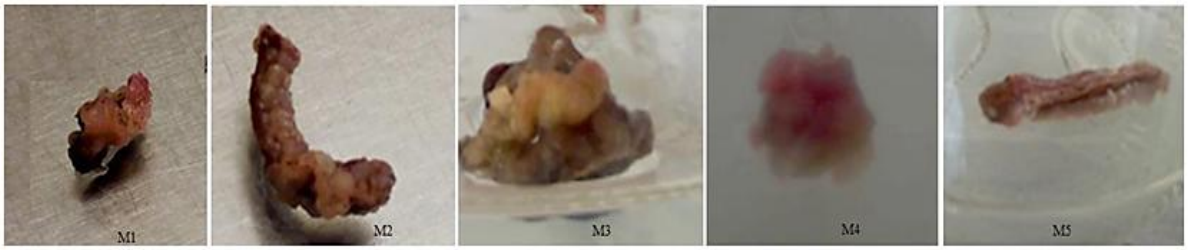


Fig. 7. Etat des cals dans l'obscurité continue

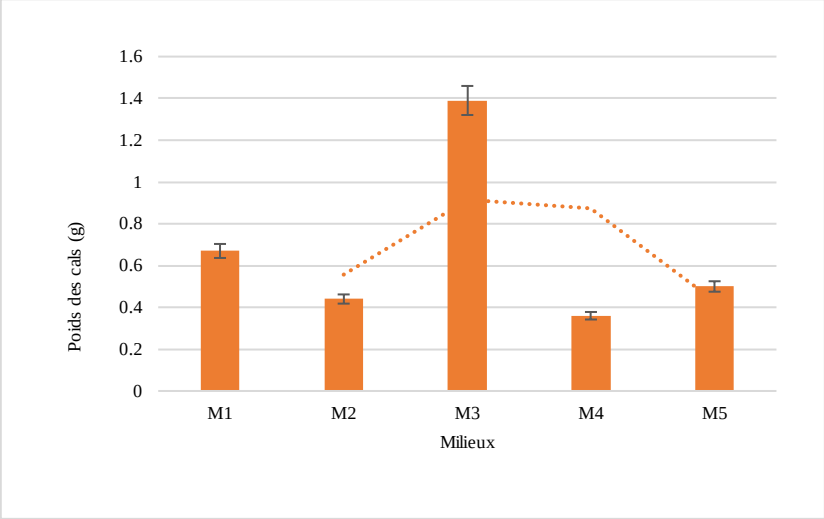


Fig. 8. Poids des cals dans l'obscurité continue

3.8 Aspect Des Cals Et Couleur Des Cals Dans L'obscurité

Les cals formés sur des milieux M1: MS/2+2,4-D (0,2 mgl^{-1}), M2: MS/2+TDZ (0,1mgl^{-1}) +AIA (0,5mgl^{-1}) et M3: MS/4+TDZ (0,5mgl^{-1}) ont été de couleur blanche et de nature compacte (Tableau 94), tandis que ceux formés sur les milieux M4: MS+TDZ (0,09mgl^{-1}) +Zéa (0,05 mgl^{-1}) et M5: MS/2+TDZ (0,15mgl^{-1}) +Zéa (0,03mgl^{-1}) sont de couleur brunâtre et recouverts d'une couche beige de nature friable.

3.9 Régénération Des Cals Organogènes

Les cals ont été transférés sur le milieu de maturation et mis en culture pendant 6 semaines. Deux conditions de culture ont été déterminées: le photopériodisme et obscurité continue. Les observations ont été portées sur la capacité de différenciation de chacune des conditions de culture. Après les observations, aucun des cals n'a pu régénérer en plantule entière, mais des tentatives de verdissement des cals ont été observées sur certains milieux de culture (Figure 9).

Fig. 9. Aspect des cals en obscurité

4 Discussion

Toutes les combinaisons (auxines et cytokinines) ont été favorables à la survie des explants des nervures soumis à la l'induction des cals. Ainsi nous retenons que le milieu M5 (MS/2+2,4-D 2 mgl^{-1}) a eu jusqu'à 83% des explants survécus mis en culture. Ce taux est supérieur à celui de [15] qui est de 72,0% sur la même espèce (*Vitellaria. Paradoxa* CF Gaertn).

L'induction de cal de karité (*Vitellaria paradoxa)* varie en fonction du type de phytohormone et de la concentration utilisée. Le milieu M4 (MS/2+2,4-D 2 mgl^{-1} + BAP 1mgl^{-1}+Kin 1 mgl^{-1}) a été le meilleur milieu d'induction de cal avec 68%. Ce résultat est comparable à celui de [15].

[18] ont obtenu respectivement des pourcentages de 21,4% et 32,7% avec les explants de *Cola anomala* et *Cola acuminata* cultivés dans les mêmes conditions de culture. Ces résultats sont significativement inférieurs à ceux de notre étude.

Cependant nos résultats sont inférieurs à ceux de [17] qui ont obtenu 100% d'induction des explants de nervure à la calogenèse sur des milieux (MS+2,4-D (1mgl^{-1}) + BAP (0,5mgl^{-1}) et MS+2,4-D (1mgl^{-1}) +Kin (0,5mgl^{-1}) et ceux de [13] qui ont obtenu 72,92% sur le milieu MT+2,4-D1mgl^{-1}+BAP 0,5mgl^{-1}.

Les milieux contenant le BAP (0,5mgl^{-1}) +2,4-D (0,5mgl^{-1}) a permis d'obtenir 75,2% d'explants ayant formés des cals chez *Baillonella toxisperma* et BAP (0,5mgl^{-1}) +2,4-D (3mgl^{-1}) chez *Vitellaria paradoxa* a permis d'obtenir jusqu'à 87,3% de cals [13]. Ces résultats sont au-dessus de la moyenne de nos meilleurs résultats obtenus sur les milieux M5 (MS/2+2,4-D2 (mgl^{-1}) + BAP (1mgl^{-1}) + Kin (1mgl^{-1}) et M3 (MS/2+2,4-D (2mgl^{-1}).

L'association d'auxines et de cytokinines implique un effet synergique sur l'organogenèse en général et la calogenèse en particulier chez les ligneux [18]. Cet effet complémentaire sur la calogenèse a déjà été démontré chez beaucoup espèces ligneuses telles que *Quercus suber* [19]; *Mangifera indica* [20], *Citrus grandis* [21]

En condition d'obscurité continue nous avons obtenu des cals de couleur blanchâtres sur des milieux M1 (MS/2 + 2,4-D 0,2 mgl^{-1}), M2 (MS/2 + 2,4-D 0,4 mgl^{-1}), M3 (MS/2 + 2,4-D 2mgl^{-1}) et brunâtres à beiges sur les milieux M4 (MS/2 + 2,4-D 2 mgl^{-1} + BAP 1 mgl^{-1}), M5 (MS/2 + 2,4-D 2 mgl^{-1} + BAP 1 mgl^{-1}+ Kin 1 mgl^{-1}). Ces résultats sont différents de ceux de [17] qui obtinrent des cals de couleur jaune dans les mêmes conditions.

Quant à la croissance radiale des cals, le milieu de culture M3 (MS/4 + TDZ 0,5 mgl^{-1}) a été plus favorable à la croissance des cals (0,93cm) et le milieu de culture le moins favorable a été celui du milieu M5: MS/2+TDZ (0,15mgl^{-1}) +Zéa (0,03mgl^{-1}) avec 0,42 cm. Ces chiffres sont supérieurs à ceux de [15] qui ont obtenu des valeurs respectives (1,5 mm et 1,3 mm).

En condition d'obscurité continue, l'analyse de variance a montré une différence hautement significative ($P<0,05$). Cet aspect est comparable à celui de [17] qui, aussi obtenu une différence hautement significative dans les mêmes conditions d'incubation.

Quant au poids des cals formés, le milieu M3 (MS/4+TDZ (0,5mgl^{-1}) a été le meilleur milieu de culture avec un poids moyen de (1,39g). Ce poids est inférieur à celui de [17] avec 3,6 g dans le milieu contenant de 2,4-D (1mgl^{-1}) +BAP (0,5mgl^{-1}).

5 CONCLUSION

Le meilleur test de désinfection des explants de karité (*Vitellaria paradoxa* C.F Gaertn) a été déterminé et cela en utilisant le chlorure de mercure ($HgCl_2$) à la concentration 0,1%; le meilleur milieu de taux de survie des explants à la calogenèse a été le milieu M5 MS/2 + 2,4-D 2 mgl^{-1} avec 71,75%. Les explants de la provenance de Siby ont eu le taux de survie le plus élevé avec 75,35% que les provenances de Katibougou (56,15%) et de Dio-gare (68,10%); le milieu M4 (MS/2 + 2,4-D 2 mgl^{-1} + BAP1mgl^{-1}+Kin 1 mgl^{-1}) a été le meilleur milieu d'induction de cals avec 68% des explants mis en culture; les conditions d'incubation et d'évolution des cals ont été déterminées.

6 PERSPECTIVES

Ce travail mérite d'être poursuivie jusqu'à l'obtention de plants entiers qui peuvent être transplantés en milieu réel. Ces résultats ainsi obtenus sont rassurants. Ils ouvrent une voie dans les perspectives de multiplication et de domestication de karité (*Vitellaria paradoxa*).

REFERENCES

[1] Zomboudré, G. (2009). Caractérisation biophysique et incidence des parcs à Vitellaria paradoxa et faidherbia albida (DEL.) A chev. sur les facteurs pédoclimatiques et la productivité du maïs (Zéa mays L.) dans la zone ouest de Burkina Faso. Thèse de Doctorat unique, Ouagadougou, (Burkina Faso).

[2] Sallé, G., Brunck, F., Boussim, I., & Raynal-Roques, A. (1991). Le karité état de nos connaissances et perspectives de recherche.In physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides.

[3] Boffa, J. (2015). Opportunities and challenges in the improvement of the shea (Vitellaria paradoxa) resource and its management. (W. A. Centre, Ed.) *Occasional paper* (24), 76.

[4] Maïga, A. (1990). Etude sur la mortalité du karité, phase de prolongation. *Rapport final de prolongation. Sotuba, Mali, Drfh-Inrzfh,* 83.

[5] Semega, D., & Sidibé, M. (1996). Les ressources alimentaires non conventionnelles des savanes parcs des zones semi arides et arides du Mali. *CEA Réunion Ad-Hoc du Groupe d'Experts sur l'Accroissement de la Production et l'Utilisation des*

Ressources Alimentaires Non Conventionnelles comme Sources d'Aliments en Afrique (1996, déc 2-4: Addis Abeba, Ethiopie), (p. 18). Mali.

[6] Samake, A., Bélières, J., Koné, B., & Dembélé, U. (2011). Un observatoire des exploitations agricoles du Mali: Etude de conception réalisée dans le cadre du projet PAPAM.

[7] Masters, E. (2004). La ressource en karité: vue d'ensemble de la recherche et du développement en Afrique. *Atelier International sur le Traitement, la Valorisation et le Commerce du karité Afrique,* 13.

[8] Naughton, C., Lovett, P. N., & Mihelcic, J. (2014, March 24-26). Overview of shea tree populations across Africain: Mapping and emissions. Powerpoint presentation at Global Shea 2014: The industry unites, Abidjan, Côte d'Ivoire. Abidjan, Côte d'Ivoire.

[9] Sanou, H; Lamien, N. (2011). Vitellaria paradoxa (karité): Conservation et utilisation durable des ressources génétiques des espèces ligneuses alimentaires prioritaires de l'Afrique subsaharienne. *Bioversity International.,* 12.

[10] Raebild, A., Hansen, U. B., & Kambou, S. (2012). Regeneration of Vitellaria paradoxa and Parkia biglobosa in a parkland in Southern. *Agroforestry Systems, 85,* 443–453.

[11] Duhoux, E. (1988). Organogénèse et multiplication végétative des arbres: In Zryd J. P.: Culture des cellules, tissus et organes végétaux. Fondement théoriques et utilisations pratiques. Lausane, Suisse: Presses Polytechniques Romandes.

[12] Santos, D., & Silviera, C. (1994). Bouturage et microbouturage de Fraxinus excelsior L., aspects morphogénétique et cytophysiologique. Thèse de doctorat, Université de Paris, Paris IV (France).

[13] Fosto, S., Ndoumou, D. O., & Néhémie, D. T. (2008). Comparaison des premières étapes de l'embryogenèse somatique chez Baillonnella toxisperma et Vitellaria paradoxa (Sapotacées). *Biotechnol Agron Soc Environ, 12* (2), 131-138.

[14] Issali, A., Nafan, D., Evariste Angelo, N., Traoré, A., Modeste Kan, K., Adiko, A., & Sangaré, A. (2013, Février). Typology of seven vitellaria paradoxa genotype in relation to their response to callogenesis. *International Journal of Application or Innovation in Engineering and Management (IJAIEM), 2* (2), 162-169.

[15] Lovett, P., & Haq, N. (2013). Progress in developing in vitro systems for shea tree (Vitellaria paradoxa C.F. Gaertn), propagation. *Forests, Trees and Livelihoods, 22* (1), 60-69.

[16] Kheloufi, A. (2006). A«Induction à la callogenèse chez quelques variétés de pis chiche (cicer aeritinum L.), ». Magister, Université, Oran-es senia.

[17] Benyahia, H., Ouiam, C., Dambier, D., & Yann, F. (2012). Mise au point des conditions de caliogenèse, caulogenèse et rhizogenèse chez les porte-greffes d'agrumes à partir de d'épicotyle: cas du citrange Troyer. Journal of Applied Biosciences, 60, 4375-4387.

[18] Fosto, O., & Mbouna, D. (2002). Comparaison de l'aptitude à la régénération in vitro de deux kolatiers (Cola anomala et Cola accuminata). Cah Agric, 11, 355-360.

[19] Noronha, C., & Martin-Lauçâo, M. (1992). Influence of growth regulators on shoot proliferation in Quercus suber L. Ann bot, 70, 513-536.

[20] Litz, R., Hendrix, R., Moon, P., & Chavez, V. (1998). Induction of embryogenic Mango cultures as affected by genotype explanting, 2,4-D and embryogenic nurse culture. Plant Cell Tissue Organ Cult., 53, 13-18.

[21] Huang, T., Peng, S., Dong, G., Zhang, L., & Li, G. (2002). Plant regeneration from leaf-derived callus in Citrus grandis (Pummelo): effects of auxins in callus induction medium.,. Plant Cell Tissue Organ Cult, 69, 141-146.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 794-803
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Analyse du mouvement spatiotemporel à la lisière forêt-formation herbacée: Evolution et régénération naturelle de la forêt au paysage de Bombo Lumene (Kinshasa-RDC)

[Analysis of spacio-temporal movement at the forest- formation herbaceous edge: Evolution and forest natural regeneration at Bombo Lumene landscape (Kinshasa-RDC)]

C.E. Makumbelo

Faculté des Sciences agronomiques et Environnement, Université du Kwango, BP. 41 Kinshasa 1, RD Congo

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

ABSTRACT: Heterogeneous landscape of Congo basin appear at the same time, as reason of poverty and one opportunity for stimulate forest dynamic, restauration of forest covert and sols and reinforcement of ecosystemics goods and services. One research upon study of forest dynamic in this basin was carried in objective sample at Bombo Lumene by forest inventory. Analysis of results by modelisation reveled: - progressive tranformation of ecology conditions complexity of herbaceous settlements towards the one of forest influenced by migration of pioneers species; - forest natural regeneration attested by seedings and start-up and differents process of forest reconstitution. She came allowed conclude that one good management will allow restauration of forest capable of doing establish sane hearth of environment and of population.

KEYWORDS: landscape, dynamic, forest, Congo basin, Bombo Lumene.

RESUME: Le paysage hétérogène du bassin du Congo apparaît, à la fois, comme la cause de la pauvreté et une opportunité pour stimuler la dynamique de la forêt, la restauration du couvert et sols forestiers et le renforcement des biens et services écosystémiques. Une recherche sur l'étude de la dynamique de la forêt dans ce bassin a été conduit dans un échantillon objectif à Bombo Lumene par des inventaires forestiers. L'analyse des résultats par modélisation a révélé: - une transformation progressive de la complexité des conditions écologiques des habitats herbacés vers celle de la forêt influencée par la migration des espèces pionnières; - une régénération naturelle de la forêt attestée par des semis et petites tiges et différents processus de reconstitution de la forêt. Ce qui a permis de conclure qu'une bonne gestion permettra la restauration d'une forêt capable d'établir une saine santé de l'environnement et de la population.

MOTS-CLEFS: paysage, dynamique, forêt, Bassin du Congo, Bombo Lumene.

1 INTRODUCTION

Les études de la dynamique se partagent entre trois types des travaux. Il s'agit ceux de la tendance de la dynamique, notamment, étudiée par [1], de ceux sur l'évolution des conditions écologiques d'un écosystème vers les conditions d'une complexité différente [2] et ceux sur l'explication des mouvements des corps par des forces qui s'y appliquent [3]. Les deux derniers types (évolution et régénération naturelle) sont étudiés par exemple en recourant à [4].

Le concept régénération naturelle est grossièrement perçu comme une technique de renouvellement du système écologique par l'ensemencement spontané, contrairement à la culture. Mais de façon plus profonde, elle est considérée soit comme la population des brins sous-bois [5] soit comme l'ensemble des processus démographiques qui assurent le renouvellement des individus adultes, à partir de leur recrutement [6]. Ces deux manières d'interpréter ce concept sont tirées d'une littérature ancienne qui lui reconnait une double facette: d'une part au sens statique, comme l'ensemble des semis et petites tiges existants dans le peuplement, d'autre part au sens dynamique, comme l'ensemble des processus par lesquels la forêt dense se renouvelle naturellement [7].

Après l'analyse d'une abondante littérature, il a été retenu que l'usage des modèles comme outil d'analyse date des années 1940-1950 [7]. Le modèle permet à la fois de comprendre la réalité et le réel. Sa validité n'est possible que quand lui et le système réel ont des comportements proches. Autrement dit, quand il représente avec précision le système réel [8]. Le modèle mathématique permet d'après [9], d'une part de modéliser avec les mathématiques, d'autre part d'établir un lien précis entre objets syntaxiques et les structures mathématiques, sous forme des théorèmes de toutes les sortes d'informations sur la nature de ce lien.

Le paysage est un système éco complexe caractérisé par une fragmentation de la forêt, une hétérogénéité des écosystèmes influencée par les activités humaines, une dynamique continue et une percolation des caractéristiques écologiques [9].

Aujourd'hui, ce niveau d'organisation supérieur à l'écosystème, domine dans le bassin du Congo. Il est en partie, à la fois, cause et conséquence de la pauvreté et de multiples calamités qui sévissent dans la planète terre. Cette étude se fixe pour objectif d'étudier l'évolution des conditions des habitats herbacés vers la forêt et le moteur émergent de la dynamique de la régénération naturelle de la forêt dans le paysage de Bombo Lumene. Les résultats des inventaires de "recrutement" tirés de ce paysage permettront d'envisager des solutions pour des forêts moins fragmentées et plus productives dans le bassin du Congo en particulier et dans la planète Terre en général.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE

Le Domaine et réserve de chasse de Bombo Lumene est une aire protégée et classée du patrimoine de l'Etat en RD Congo. Ce site a été institué pour l'exploitation touristique et la lutte contre la déforestation. Situé à l'hunterland de Kinshasa soit aux environs de 120 Km du centre-ville, ce site connait, depuis quelques décennies, une forte pression anthropique. Placé dans un climat tropical humide de type AW4 suivant la classification de Koppen avec une pluviosité estimée à 1500 mm, sa végétation jadis dominée par des galeries très épaisses est aujourd'hui essentiellement couverte par des savanes arbustives et des galeries forestières mois denses [7].

La Figure 1 reprend la carte de Bombo et le dispositif d'inventaire.

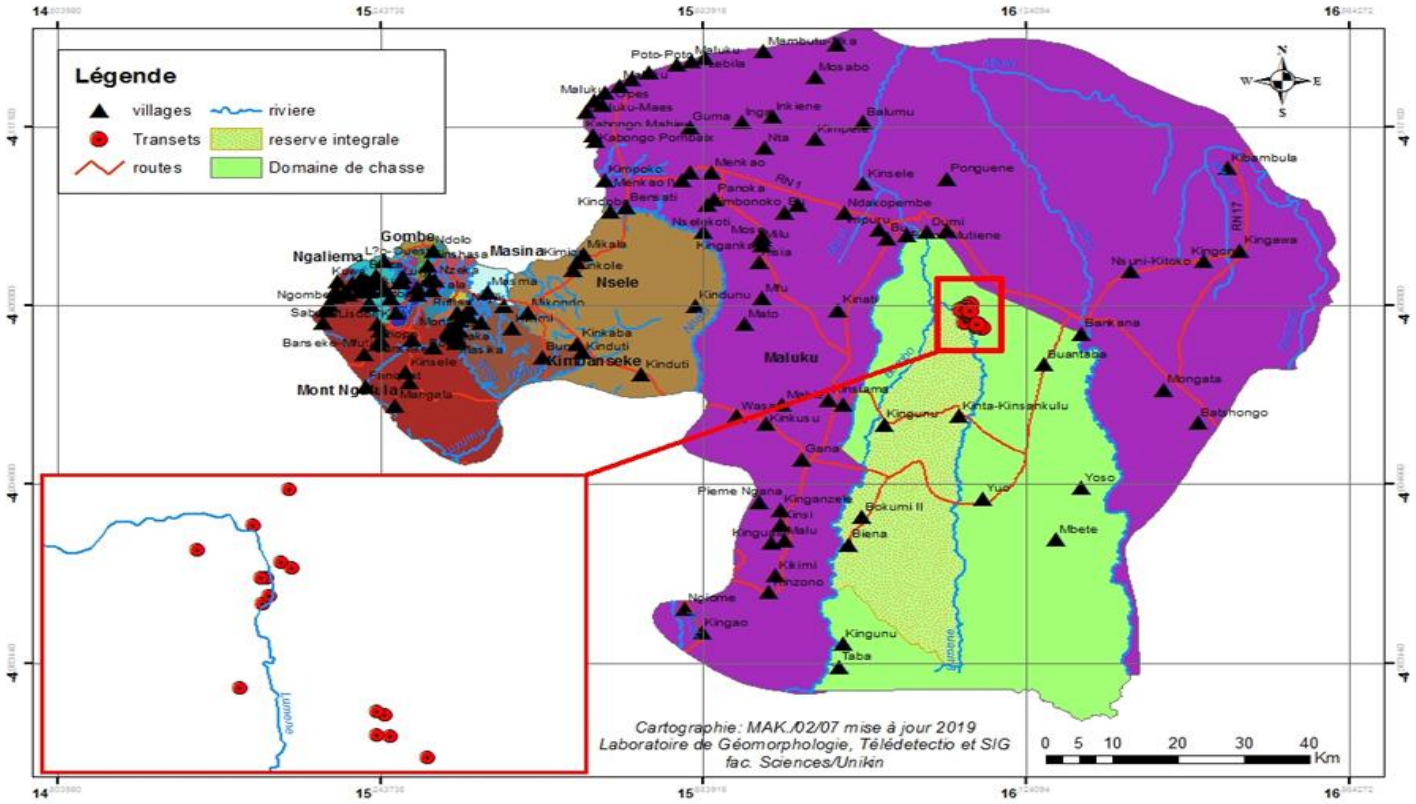


Fig. 1. Carte de Bombo Lumene et Dispositif d'inventaire

La lecture de la Figure 1, déjà reprise dans [7], montre un nombre important des villages dans ce site réservée du réseau de l'Institut Congolais pour la Conservation de la Nature.

2.2 DISPOSITIF D'INVENTAIRE ET COLLECTE DES DONNEES

Un échantillon objectif, aléatoire et stratifié a été placé dans le dispositif déjà décrit [2] pour des inventaires forestiers. Cet échantillon (Figure 1) est composé de trois zones, cinq transects par zone, quatre habitats par transect et une parcelle permanente par habitat. En se référant aux travaux antérieurs, les données pour les inventaires de "recrutement" ont été récoltées à partir des tiges des espèces végétales de 15 à 20 cm d'hauteur. Ces évaluations, espacés, ont été réalisés après 6 à 10 mois [11], [12].

2.3 TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES

Les données de l'évolution et de la régénération naturelle de la forêt ont été analysées et interprétées par les applications du Modèle LIFOSA 17 [4].

L'identification des espèces et de leurs habitats naturels s'est faite en se référant à Pauwels [13].

Les pourcentages des individus des espèces recensées ont été calculés par rapport au total des lianes, arbustes et arbres de l'habitat. La présence des herbes est marquée et non chiffrée.

2.3.1 EVOLUTION DES HABITATS HERBACES

L'application E du Modèle LIFOSA-17 a permis l'analyse et l'interprétation de l'évolution des habitats herbacés.

Cette partie du modèle s'est appuyée sur les habitats de la lisère: Forêt- Fs (soit Bosquet forestier- BF soit Galerie forestière- GF), savane (Sav) et l'écotone -Eco: Ecotone proche de la Sav (EcoS) et Ecotone proche de la Fs (EcoF).

Elle recourt aux Groupes des classes fonctionnelles de l'évolution à travers les habitats de la lisière qui équivalent à l'ensemble des stades (groupement végétal caractéristique) de différents habitats de la lisière forêt-savane. Ces sont les groupes de la savane (Sav), de l'écotone proche de la savane (EcoS), de l'écotone proche de la forêt (EcoF) et de la forêt (Fs) qui peut être soit la Galerie forestière (GF) soit le Bosquet forestier (BF).

Dans ce travail la savane équivaut à la Formation herbacée et seuls les stades des habitats herbacés (EcoF, EcoFH et FH) sont considérés par ces analyses.

Selon le Modèle LIFOSA-17 E les stades correspondants à ces groupes sont exprimés par les rapports n°1:

- La Forêt (Fs) peut s'exprimer par:

$$Fs = Pf + 0.(Hhf) \quad (1.1)$$

Où : Pf = $\sum_{i=1}^{n_1} Pf_i$ et $Hhf = \sum_{i=1}^{n_2} Hhf_i$

C'est -à - dire Pf représente les primaires (propres) de la forêt (Pf_i), Hhf représente les herbes héliophiles de la forêt (Hhf_i) et $0.(Hhf)$ signifie absence d'herbes héliophiles de la forêt.

- L'Ecotone proche de la forêt $(Ecof)$ peut s'exprimer par:

$$EcoF = pa + sf + (Hhf) \quad (1.2)$$

Où $pa = \sum_{i=1}^{n_3} pa_i$ et $sf = \sum_{i=1}^{n_4} sf_i$

- L'Ecotone proche de la savane $(EcoS)$ peut s'exprimer par:

$$EcoS = A + pj + Hes \quad (1.3)$$

Où $A = \sum_{i=1}^{n_5} A_i$, $pj = \sum_{i=1}^{n_6} pj_i$ et $Hes = \sum_{i=1}^{n_7} Hes_i$

C'est-à-dire A représente les arbres adultes de la savane (A_i), pj représente les pionniers jeunes de la forêt (pj_i) et Hes représente les herbes envahissantes de la savane (Hes_i).

- La Savane (Sav) peut s'exprimer par:

$$Sav = a + A + Hhs \quad (1.4)$$

Où $a = \sum_{i=1}^{n_8} a_i$ et $Hhs = \sum_{i=1}^{n_9} Hhs_i$

C'est-à-dire a représente les arbustes (a_i) et Hhs représente les herbes héliophiles de la savane (Hhs_i).

2.3.2 REGENERATION NATURELLE DE LA FORET

L'application du Modèle LIFOSA 17- R permet l'analyse et le traitement de la dynamique de la régénération naturelle de la forêt.

- Comportements fondamentaux individuels de différents processus de la dynamique sont décrits par les formules n° 2.

(1) Conquête (de la forêt dans la formation herbacée)

$$Co = ppl + nbpl \quad (2.1)$$

Où Co = conquête, ppl = présence des plants, nbpl = nombre des plants

(2) Présence des préexistants adultes forestiers dans la formation herbacée

$$Ppex = clhi + dclf \quad (2.2)$$

Où Ppex = présence des préexistants, clhi = individus des espèces des classes identifiées des hauteurs considérables et dclf = appartenant à des différentes classes fonctionnelles.

(3) Croissance des plants des espèces de la forêt

$$Cr = qtepl + crdclf \quad (2.3)$$

Où Cr = croissance, qtepl = quantité des plantules, crdclf = croissance des individus des espèces de différentes classes fonctionnelles.

(4) Action anthropique

$$Aa = Fe + Eec \quad (2.4)$$

Où Aa = Action anthropique, Fe = feu de brousse, Eec = exploitation des écosystèmes.

- Comportement fondamental du système (Cfs): qui est déterminé par l'ensemble (somme) des comportements fondamentaux individuels des processus. Il est décrit par le rapport n°3:

$$Cfs = Co + Ppex + Cr + Aa \quad (3,1)$$

Où Cfs = comportement fondamental du système, Co = conquête, Ppex = présence des préexistants, cr = croissance et Aa = action anthropique.

- Moteur émergent de la régénération naturelle de la forêt (Me): qui est déterminé par l'émergence des moteurs individuels des processus décrits dans les rapports n°4.

$$Me = (MiCo) + (MiCr) + (MiAa)$$

$$= Capr + ad + cl + s + ev + ca + to\ (édcl.com) + te + po + bg \quad (4.1)$$

Où Me = moteur émergent, MiCo = moteur individuel de la Conquête, MiCr = moteur individuel de la Croissance et MiAa = moteur individuel de l'Action anthropique. Pour les quels Capr = capacité du milieu à se reconstituer en forêt, ad = agent de dispersion, cl = climat, s = sol, ev = espace vide, ca = capacité du milieu à se reconstituer en forêt, to (édcl. Com) = tolérance des espèces végétales de la forêt à s'adapter aux conditions édaphoclimatiques et ou à la modifier, à s'adapter à, et/ou à gagner la compétition entre espèces, te = temps, po = politique et bg = bonne gestion.

3 RESULTATS

3.1 EVOLUTION DES HABITATS HERBACEES

3.1.1 FAMILLES BOTANIQUES, ESPECES ET INDIVIDUS PAR BLOC ET PAR HABITAT

Le Tableau 1 reprend les familles botaniques, les espèces et les individus recensés par bloc et par habitat.

Tableau 1. Familles botaniques, Espèces et Individus par bloc et par habitat

Espèces	TM& Hab.	FglL			Mw			Bbl		
		FH	EcoFH	EcoF	FH	EcoFH	EcoF	FH	EcoFH	EcoF
Aframomum alboviolaceum (Ridley) K.Schum.	hFH	x	x		x	x		x		
Albizia adianthifolia (Schumach.) W.F.Wight.var. adianthifolia	AFH	3,0				2,0	6,0	14,0		
Alchornea cordifolia (Schumach&Thonn) Mull.Arg.	AF				2,0		7,0			5,0
Allophylus africanus P.Beauv.	AF						6,0			3,0
Anisophyllea quangensis Engl. Ex. Henriques	aFH	18,0						7,0		
Annona senegalensis Pers. Subsp. outrotricha Le Thomas.	aFH	10,0	13,0	5,0		1,5	5,0	1,0		
Berlinia giorgii De Wild. var. gilletii (De Wild.) Hauman	AF	4,0	3,0	6,0	13 ,0	1,5	6,0	2,0		
Bridelia ferruginea Benth.	AFH		2,0		13,0	1,0				
Caloncoba welwitschii (Oliv.) Gilg. syn. *Oncoba welwitschii*	AF					1,0	2,0	1,0	6,0	5,0
Chaetocarpus africanus Pax.	aF									
Chromolaena odorata (L) R.King&H.Robinson	aru	3,0				16,0	18,0	2,0		
Clerrodendrum spendens G.Don	AFH		1,0	1,0			2,0	7,0		
Costus afer Ker Gawl	hF		x							
Dialium englerianum Henriques	AFH	7,0	1,0	1,0	2,0	2,0		7,0		5,0
Dichrostachys cinera (L.) Wight &Arn. subsp. Platycurpa Welw.	aFH	6,0		3,0						
Dracaena mannii Baker syn. *D. nitens* Welv.ex. Bak.	AF	3,0		5,0	17,0					12,0
Eremospatha haullevillevilleana De Wild.	lF			20,5						
Gaertnera paniculata Benth.	aF	2,0				5,0	17,0	7,0	12,0	13,0
Geophila renaris De Wild. &Th.	hF			x						
Guibourtia demeusei (Harms) J.Léonard	AF								13,0	2,0
Hymenocardia acida Tul.	AFH	19,0		2,0	7,0	4,0	6,0	7,0	3,0	6,0
H. ulmoides Oliv.	AF	3,0	4,0	9,5	13,0	5,0				2,0
Landolphia camptoloba (K.Schum.) Pichon.	lF				19,0	23,0				
L. parvifolia K.Schum.	lF	1,0			5,0					
Lannea antiscorbutica (Hiern) Engl.	AF	2,0	2,0	8,0		2,0	3,0	2,0	3,0	
Leptactina liebrechtsiana De Wild.&T.Durand var. liebrechtsiana	aFH				7,5					
Leptoderris congolensis (De Wild.) Dun.	lF		1,0							
Macaranga monandra Mull.Arg.	AFH								1,0	
Maprounea africana Miill.Arg.	AFH	3,0	3,0			1,5		8,0		
Markhamia tomentosa (Benth.) K.Schum.	AF						3,0			2,0
Megastachya mucronata (Poir.) P.Beauv.	hF	x	x	x		x			x	

Millettia drastica Welw.ex Baker	AF			2,0						
M. laurentii De Wild.	AF			3,0	4,0	2,0	11,0			
M. theuszii (Biittn.) De Wild	lF			3,0						
Nephrol	hF					x				
Ochna afzelii R.Br. ex Oliv.	aFH		6,5		1,0		2,0		1,0	
Olax subscorpioidea Oliv.	aF			1,0						
Palisota ambigua (P. Beauv.) C.B.clarke	hF			x						
Paropsia brazzeana Baill.	aFH	7,0	5,0	1,0	1,0			7,0	3,5	
Pauridiantha callicarpoides (Hiern.) Bremek.	aF			1,0						
Pentaclethra eetveldeana De Wild.& T.Durand	AF			7,5	6,0	8,5	8,0	19,0	27,0	25,0
Psorospermum febrifugum Spach.	AFH	5,5	4,0		8,0	7,0	3,0	5,0		
Pteridium aquilinum (L.) Kuhn subsp. aquilinum	hFH	x			x	x		x		
Rauvolfia mannii Stapf.	aF		3,0							
Rhabdophyllum arnoldianum (De Wild.&T.Durand) van Tiegh	AFH			3,0						
Sclerocroton cornutus Bax.	AF		9,0	10,0	5,0			8,0	15,0	26,0
Smilax anceps Wild.	lFH		3,0	3,0						
Strychnos cocculoides Baker	aFH	3,0		1,0	1,0	1,5				
S. variabilis De Wild.	AF	1,0		3,0						
Syzygium guineense (Willd.) DC. subsp.guineense	AF				1,0					
Tetracera poggei Gild.	lF		1,0		3,0	2,0				
Thomandersia butayei de Wild.	aF			1,0						
Uapaca sansibarica Pax.	AF				1,0	5,0		2,0	1,0	
Vitex ferruginea Schumach.&Thonn.	AF	2,0		1,0	1,0	2,0	3,0		1,0	
V. madiensis Oliv.	aF						1,0		1,0	
Xylopia aéthiopica (Dunal) A.Rich.	AF						1,0		2,5	1,0

Légende: TM&Hab (Type Morphologique et Habitat) = AF: arbre de la forêt, AFH: arbre de la Formation herbacée, aF: arbuste de la forêt, aFH: arbuste de la formation herbacée, lF: liane de la forêt, lFH: liane de formation herbacée, hF: herbe de la forêt, hFH: herbe de la formation herbacée.

De l'analyse du Tableau 1 il ressort que les individus de plus d'une espèce de la forêt se sont installés dans les habitats herbacés. Il s'agit des arbres, des arbustes, des lianes et des herbes. L'installation de ces nouvelles espèces entrainent une transformation progressive des conditions écologiques des habitats herbacés vers celles de la forêt tant au niveau du couvert végétal que des terres forestières. Parmi les familles des espèces recrutées, les *Fabaceae*: *Albizia adianthifolia, Berlinia giorgii, Dialium englerianum, Dichrostachys cinera, Guibourtia demeusei, Leptoderris congolensis, Millettia laurentii, Pentaclethra eetveldeana,* les *Rubiaceae*: *Gaertnera paniculata, Geophila renaris, Leptactina liebrechtsiana, Pauridiantha callicarpoides* et les *Phyllanthaceae*: *Bridelia ferruginea, Hymenocardia acida* et *Uapaca sansibarica* jouent le rôle des véritables espèces pionnières.

3.1.2 GROUPES DE CLASSES FONCTIONNELLES DE L'EVOLUTION

Les groupes de classes fonctionnelles de l'évolution sont repris dans le Tableau 2.

Tableau 2. Groupes des classes fonctionnelles de l'évolution

Habitats de la lisière	Espèces caractéristiques des groupes des classes fonctionnelles
EcoF	*Caloncoba welwitschii* syn *Oncoba welwitschii*, *Chromolaena odorata, Dracaena mannii, Gaertnera paniculata, Millettia laurentii, Markhamia tomentosa, Penteclethra eetveldeana, Sclerocroton cornutus, Strychnos variabilis, Eremospatha haullevilleana.*
EcoFH	*Aframomum alboviolaceum, Albizia adianthifolia, Annona senegalensis, Dialum englerianum , Hymenocardia acida, Maprounea africana, Megastachya mucronata, Psorospermum febrifugum, Pentaclethra eetveldeana , Strychnos cocculoides, Tetracera poggei, Uapaca sansibaraca, Vitex ferruginea.*
FH	*Aframomum alboviolaceum, Albizia adianthifolia, Annona senegalensis, Dialium englerianum, Hymenocardia acida, Maprounea africana, Paropsia brazzeana, Psorospermum febrifugum.*

Légende: Habitats = FH: formation herbacée, EcoFH: écotone proche de la FH, EcoF: écotone proche de la forêt.

L'analyse du Tableau 2 montre que:

A l'EcoF les grandes révélations sont *Dracaena mannii* à Bbl, *Gaertnera paniculata* à Bbl, *Millettia laurentii* à Mw, *Pentaclethra eetveldeana, Sclerocroton cornutus* à Mw et Bbl et *Hymenocardia ulmoides, Lannea antiscorbutica,* à FglL et Mw. Les individus de ces espèces font avancer le front forestier en augmentant la surface du couvert et sols forestiers. Ils transforment progressivement les conditions écologiques de l'écotone à celles de la forêt.

A l'EcoFH, les individus de *Lannea antiscorbutica, Megastachya mucronata, Ochna afzelii, Psorospermum febrifugum, Sclerocroton cornutus* couvrent les trois bloc. Ceux de *Aframomum alboviolaceum, Dialium englerianum, Hymenocardia acida, H ulmodes, Pentaclethra eetveldeana, Uapaca sansibarica,* sont très présents à Mw, l'un des blocs très couvert des trois. Quelques d'autres poussent à Bbl et FglL. Les individus de *Guibourtia demeusei* marquent cet habitat à Bbl. C'est l'habitat où les herbes notamment *Aframomum alboviolaceum, Megastachya mucronata* et quelques fois *Geophila renaris* et *Costus afer* s'entremêlent fortement avec *Chromolaena odorata* à certaines stations pour créer des conditions de protection de l' EcoF.

La FH, les individus de *Aframomum alboviolaceum, Hymenocardia acida* et *Pteridium aquilinum* poussent dans les trois blocs. Ceux de *Dialium englerianum, Paropssia brazzeana* et *Psorospermum febrifugum* sont très représentés à la FglL et à Mw. Les jeunes de *Albizia adianthifolia,* et *Maprounea africana* sont très abondants à Bbl. Les jeunes pieds de *Annona senegalensis* sont comptés à FglL.

3.2 REGENERATION NATURELLE

3.2.1 SEMIS ET JEUNES PLANTS DE LA FORET DANS LES HABITATS HERBACES

L'analyse du Tableau 1 montre à la FglL, Mw et Bbl respectivement des pourcentages de 17%, 73% et 42% des jeunes individus des espèces de la forêt à la FH et 14%, 62%, 92% à l'EcoFH. Les EcoF sont couverts, dans le même ordre, de 89%, 67% et 94% de ces individus.

3.2.2 COMPORTEMENT INDIVIDUEL DES PROCESSUS DE LA REGENERATION NATURELLE DE LA FORET

De l'analyse de ce Tableau (1), il ressort:

- Conquête: est indiquée par la présence des plants, entre outre, de *Berlinia giorgii, Caloncoba welwitschii* syn *Oncoba welwitschii, Clerrodendrum spendens, Dracaena mannii, Gaertnera paniculata, Guibourtia demeusei, Hymnocardia ulmoides, Lannea antiscorbutica, Markhamia tomentosa, Millettia laurentii, Pentacletra eetveldeana, Sclrocroton cornutus, Tetracera poggei, Uapaca sansibarica, Vitex ferruginea* et cela en quantité significative dans ces habitats herbacés.
- Présence des Préxistants: si ces individus sont recensés dans ces habitats ce que leurs semenciers et d'autres adultes ne sont pas loin de là.
- Croissance: si ces individus sont recensés, ce que leurs diaspores ont connu la germination. Leurs semis ont subits la levée et leurs plants ont connu une croissance avant d'atteindre cette taille du recrutement.
- Action anthropologique: la présence de ces individus dans ces habitats est assurée par des perturbation de l'équilibre de ces derniers et par une certaine protection par la garde de ces habitats.

3.2.3 COMPORTEMENT FONDAMENTAL DE LA DYNAMIQUE DU SYSTEME

La présence des semenciers et autres individus de taille élevée des espèces de la forêt dans les habitats herbacés et l'action perturbatrice et protectrice des êtres vivants ont permis les conditions écologiques et édaphoclimatiques de percolation de ces jeunes pionnières dans ces habitats.

3.2.4 MOTEUR EMERGENT DE LA REGENERATION NATURELLE DE LA FORET DANS LES HABITATS HERBACES

De l'analyse des caractéristiques autoécologiques de ces espèces, se révèle le moteur émergent de cette régénération naturelle de la forêt à la lisière de ce paysage.

En effet, il ressort de l'analyse de ces caractéristiques écophysiologiques des espèces de la forêt que le moteur émergent de cette régénération est:

« La régénération naturelle de la forêt dans la formation herbacée à Bombo Lumene est activée par la présence des espèces mésophanérophytes héloiphiles de la forêt du milieu, euryciques, à croissance remarquable, productrices et mésophylles, sarcochores et ballochores grandement disséminées par zoochorie, autochorie et anémochorie, compétitives dans les conditions eurytopes implantées dans les habitats protégés par la législation ».

4 DISCUSSIONS

Les individus autochtones de la formation herbacée, une fois sortie de la gangue des herbes, à la suite de la variation de la complexité des habitats herbacés vers celle de la forêt, préparent les conditions de percolation des espèces forestières. Ils se regrouperont en pré-bosquet pour assurer les conditions d'abord héliophiles puis sciaphiles aux jeunes individus allochtones de ces habitats avant de disparaitre. Ce qui est une assurance de l'augmentation de la biodiversité, de la fertilité du sol et de la capacité d'épuration de la biosphère. Ces résultats corroborent ceux de [2] selon lesquels les habitats herbacés de Bombo Lumene connaissent une évolution vers la complexité des conditions écologiques de la forêt. La migration des espèces forestières se fait aussi bien de proche à proche entre habitats qui se touchent que par des sauts entre habitats extrêmes.

Ces espèces héliophiles de la FH sont celles dont les individus, généralement regroupés, une fois adultes, par leurs fruits, graines et port, attirent les oiseaux et mammifères qui disséminent les diaspores des espèces de la forêt dans cet habitat.

Cette percolation des individus des espèces forestières dans les habitats herbacés peut s'expliquer soit par la présence de leurs semenciers non loin de ces habitats soit par la mobilité des agents de dispersion des diaspores entre habitats. Ceci rencontre les conclusions selon lesquelles, la lisière forêt-formation herbacée de Bombo Lumene étant moins large par le fait qu'en plusieurs endroits, le biotope de la forêt est directement adjacent à celui de la formation herbacée. En plus les habitats de cette dernière constituent le champ par où les animaux et les oiseaux vivant la forêt traversent régulièrement pour s'alimenter en bulbes et tubercules disponibles à la formation herbacée avant de renter se reposer ou se réfugier contre le danger à la forêt [14]. De ce fait ils connaissent un transfert des matières (diaspores, chaine trophique et cycle biogéochimique) et une transformation progressive de la complexité vers celle de la forêt [2], [15].

En somme, comme il est bien connu que les habitats herbacés moins perturbés en contact avec les forêts connaissent un embroussaillement et évoluent vers la forêt [8] chaque fois que la perturbation le permet. Ce travail confirme une évolution de la complexité des conditions écologiques des habitats herbacés vers celle des habitats forestiers [4]. C'est qui est une garantie pour une agriculture durable et un environnement moins saturé.

Les résultats de la régénération naturelle de la forêt corroborent et confirment ceux déjà présentés dans ce paysage. Les habitats herbacés de Bombo Lumene connaissent un envahissement des individus d'espèces de la forêt [7]. Ce qui justifie le sens statique de cette régénération naturelle.

La conquête, la présence des Préxistants, la croissance et l'action anthropique sont les quatre processus de reconstitution de la forêt qui confirment selon [3] le sens dynamique de cette régénération naturelle de la forêt.

Les résultats du comportement fondamental de la dynamique du système rejoignent une conclusion antérieure reprise par [7] selon laquelle la présence des semenciers près des espaces vides et protégés est un des facteurs de la sélection.

Le moteur émergent de cette régénération est déjà mis en évidence dans plus d'une publication sur ce site. Il s'agit notamment de [2] et de [7].

En définitive, comme repris plus haut, la quantité des semis et des jeunes individus de la forêt dans les habitats de ces trois blocs et le fait que ces derniers (semis et jeunes individus) soient inventoriés dans tous les habitats herbacés rejoignent la définition de base de la régénération naturelle qui est: la régénération naturelle de la forêt couvre deux aspects, au sens statique, l'ensemble des semis et

petites tiges des espèces de la forêt dans leur peuplement et dans le sens dynamique, les processus qui permettent le renouvellement de la forêt dense telle que reprise par [12], [7] et par [16].

Ces résultats constituent une base qui assure que la bonne gestion du moteur émergent de la régénération naturelle du paysage écologique actuel est une des alternatives solides et durables pouvant permettre le retour à l'état de référence d'un paysage capable de fournir divers biens et services écosystémiques, de créer un environnement sain et de favoriser un développement durable d'une population sécurisée

5 CONCLUSION

Des inventaires forestiers dans un échantillon des placettes permanentes ont été conduits dans les habitats herbacés de la lisière forêt-formation herbacée à Bombo Lumene. L'objectif de cette recherche était d'étudier la dynamique de la forêt du paysage du Bassin du Congo. L'analyse des résultats du recrutement par le Modèle LIFOSA-17 a montré une évolution de la complexité des conditions écologiques des habitats herbacés vers celle de la forêt. Au sens statique, la régénération naturelle a été prouvée par des semis et petites tiges des espèces de la forêt dans ces habitats et au sens dynamique, elle a été confirmée par des processus de reconstitution de la forêt dense tels que décrit par ce modèle. Une gestion rationnelle du paysage permettra sûrement le renforcement, la stabilité et le bon fonctionnement de la forêt. Ce qui entrainera sa capacité de produire plus et de protéger d'avantage l'humanité.

REMERCIEMENTS

Merci à l'ICCN pour avoir autorisé l'accès au site de Bombo Lumene pour cette étude. Merci à Landu L. pour l'identification botanique de l'herbier.

REFERENCES

[1] Makumbelo E., « Etude de la dynamique du paysage du bassin du Congo: Cas de Bombo Lumene (RD Congo), International Journal of Innovative and Applied Research (IJIAR), Sous-presse, 2026.

[2] Makumbelo E.C., Lukoki L.F., Belesi K.H., Lungiambudila M.O., Lejoly J., «Valorisation de la Lisière Forêt-Savane: Caractéristiques et Evolution à Bombo Lumene, R.D.Congo», Congo Sciences, Vol. 8, n°2, pp 126-134, 2020, [En ligne]. online journal International journal en ligne de l'ACASTI et de CEDESURK ACASTI and CEDESURK. http://www.congosciences. cd.

[3] Frontier S., Pichod-Viale D., Leprëtre D., Davoult., Lucgak Ch.: Structures, fonctionnement, évolution, 4ème éd, Paris, 2008.

[4] Makumbelo E., Lukoki L., Belesi K., Lungiambudila O., «Modèle LIFOSA-17: Outil d'Analyse de la Dynamique de la Forêt», Congo Sciences, Vol 8, n°3 pp 177-184, 2000 [En ligne], online journal International journal en ligne de l'ACASTI et de CEDESURK ACASTI and CEDESURK. http://www.congosciences. cd

[5] Lubalega K.T.: Evolution naturelle des savanes mises en défens à Ibi village sur le Plateau de Bateke en RD. Congo, Thèse de doctorat, Université de Kinshasa, Faculté des Sciences agronomiques, 2016.

[6] Menga P. M.: Ecologie des peuplements naturels de *Millettia laurentii* De Will dans la région du May-Ndombe, RDCongo, Implication pour la gestion durable d'une espèce exploitée, Thèse de doctorat, Université de Kinshasa, Département de Biologie, 2012.

[7] Makumbelo C.E., Lukoki L.F., Belesi K.H.: Caractéristiques écologiques, Evolution et Moteurs de la Régénération naturelle de forêts Réserve et Domaine de chasse de Bombo Lumene (Kinshasa- RD.Congo), Editions Universitaires Européennes, Italie, 2023.

[8] Favier Ch.: Hommes, Savanes, Forêts: Modélisation des systèmes dynamiques liant l'homme à son environnement Thèse doctorale, Université Paris XI, Paris, 2003.

[9] Delahaye J.P., Modélisation mathématique. Encyclopaedia Universalis. S.d. [En ligne]. URL: http://www.universalis.fr / encyclopédie / modélisation-mathématique/modélisation, mathématique, S.d.

[10] Cabala Kalaba S., Usani Sikuzani Y., Muana Yamba A., Munyemba Kankumbi F., Bogaert J, Activité anthropiques et dynamiques des écosystèmes forestières dans les zones territoriales de l'Arc cupicifère Katangais (RDCongo), 2022, Tropicultura [En ligne], Vol 40, n° 3/4: 30. DOI: 10.25518/2295-8010.2100. URL: https://popus.uliege.be / 2295-8010 / index. php ? id = 2100.

[11] Doucet J.L., Nichandi Otimbo P.A., Bourbady A.G., «Comment assister la régénération naturelle de l'Okoumé dans les concessions forestières», Bois et forêts des Tropiques, Vol. 279, pp 59-72, 2004.

[12] Ramanjantovo R., Etude structurale et écologique de la régénération naturelle de la flore dans deux zones à différents degrés de perturbation dans la Réserve spéciale de Biza Mahafaki, Mémoire, Université d'Antananarivo, 2013.

[13] Pauwels L., N'zayilu Nti Guide des arbres et arbustes de la région de Kinshasa-Brazzaville, Jard.Bot.Nat. de Belgique, Meise, 1993.

[14] Muhashy H.F., Nlandu L., Malio N., Habitats de la Réserve et Domaine de chasse de Bombo Lumene (RDC). Lexique Kiteke des plantes observées dans ce milieu, Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique (IRSNB), Bruxelles, 2011.

[15] Makumbelo E., Lukoki L., Belesi K., Lungiambudila M., « Dynamique de la biocénose à la lisière forêt-formation herbacée des espèces recensées à Bombo Lumene (RD Congo) II», Int. J. Biol. Chem. Sci.Vol.17, n°4, pp 1672-1683, 2023 DOI: https://dx.doi.org/10.4314//ijbcs.v17i4.30.

[16] Makumbelo E., Lukoki L., Belesi K., Lungiambudila M., Lejoly J., «Valorisation de la lisière forêt-savane: régénération naturelle de la forêt dans la formation herbacée-stratification des plantes de la forêt à Bombo Lumene», Int. J. Biol. Chem. Sci. Vol 13, n° 7, pp 3378-3389, 2019. DOI: https://dx.doi.org/10.4314//ijbcs.v13i7.32.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 804-813
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Évaluation des effets du travail du sol et de l'association maïs-niébé sur l'humidité du sol et l'assimilation chlorophyllienne du maïs

[Assessment of the effects of tillage and the maize-cowpea combination on soil moisture and chlorophyll assimilation in maize]

RAMDE Guialidou[1], PALE Siébou[2], KOUMBEM Mahamoudou[2], HIEN Edmond[1], TRAORE Hamidou[2], PRASAD P.V. Vara[3-4], and MIDDENDORF B. Jan[3]

[1]Laboratoire Sols, Matériaux et Environnement, Université Joseph Ki-Zerbo, 03 B.P. 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso

[2]Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, 04 B.P. 8645 Ouagadougou 04, Burkina Faso

[3]Feed the Future Innovation Lab for Collaborative Research on Sustainable Intensification, Kansas State University, Manhattan, Kansas, USA

[4]Department of Agronomy, Kansas State University, Manhattan, Kansas, USA

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

ABSTRACT: The fragility of agrosystems affects soil moisture and plant chlorophyll content, reducing productivity. The development of agricultural technologies that improve soil water status and plant physiology is therefore necessary. This study aimed to evaluate the effect of these practices on soil moisture and leaf chlorophyll in maize through a randomised complete block split-plot trial with three replicates. Three tillage methods (scarification, ploughing and partitioned ridge cultivation) were applied to the main plots. Two cropping systems (CS1: one row of maize alternating with one row of cowpea and CS2: two rows of maize alternating with two rows of cowpea) combined with five fertilisation levels (i) no fertilisation (F1), (ii) 200 kg ha^{-1} NPK + 200 kg ha^{-1} urea on maize + 100 kg ha^{-1} NPK on cowpea (F2), (iii) 300 kg ha^{-1} NPK + 100 kg ha^{-1} urea on maize + 100 kg ha^{-1} NPK on cowpea (F3), (iv) F2 +2500 kg ha^{-1} of compost (F4) and (v) F3 +2500 kg ha^{-1} of compost (F5) were applied to the secondary plots. The chlorophyll index of maize and soil moisture were assessed. Scarification resulted in significantly lower moisture content (14.28%) than ridge cultivation (17.98%) and ploughing (16.91%). SC1-F5 recorded a higher SPAD index (38.62). The combination of tillage, cropping system and organic-mineral fertilisation improves soil moisture and chlorophyll assimilation in maize.

KEYWORDS: compartmentalised ridging, fertilisation, ploughing, cowpea, cropping system.

RESUME: La fragilité des agrosystèmes affecte l'humidité du sol et la teneur en chlorophylle des plantes, réduisant la productivité. Le développement de technologies agricoles améliorant l'état hydrique des sols et physiologique des plantes est donc nécessaire. Cette étude visait à évaluer l'effet de ces pratiques sur l'humidité du sol et la chlorophylle foliaire du maïs à travers un essai en blocs complètement randomisés avec des traitements arrangés en split-plot et trois répétitions. Trois méthodes de travail du sol (scarifiage, labour et billonnage cloisonné) ont été appliquées aux parcelles principales et deux systèmes de culture qui sont (i) une ligne de maïs alternée d'une ligne de niébé et (ii) deux lignes de maïs alternées de deux lignes de niébé (SC2) combinés à cinq niveaux de fertilisation (i) sans fertilisation (F1), (ii) 200 kg ha^{-1} NPK+200 kg ha^{-1} urée sur le maïs+ 100 kg ha^{-1} NPK sur le niébé (F2), (iii) 300 kg ha^{-1} NPK+100 kg ha^{-1} urée sur le maïs + 100 kg ha^{-1} NPK sur le niébé (F3), (iv) F2 +2500 kg ha^{-1} de compost (F4) et (v) F3 +2500 kg ha^{-1} de compost (F5) ont été appliqués aux parcelles secondaires. L'indice chlorophyllien du maïs et l'humidité du sol ont été évalués. Le scarifiage a présenté une humidité (14,28%) significativement plus faible que le billonnage cloisonné (17,98%) et le labour (16,91%). Le SC1-F5 a enregistré un indice SPAD plus élevé (38,62). L'association du travail du sol, du système de culture et de la fertilisation organo-minérale améliore l'humidité du sol et l'assimilation chlorophyllienne du maïs.

MOTS-CLEFS: billonnage cloisonné, fertilisation, labour, Niébé, système de culture.

Corresponding Author: RAMDE Guialidou

1 INTRODUCTION

Au Burkina Faso, le maïs (*Zea mays* L.) est l'une des céréales les plus importantes. En effet, selon [1], la production du maïs a été de 1 995 359,46 tonnes en 2023 surpassant le sorgho (1772021,68 tonnes). Durant la campagne agricole 2023 - 2024, la production a connu une hausse de 9,2% (estimée à 2 053 927 tonnes par rapport à la moyenne des cinq dernières années) [2]. C'est une denrée d'une importance majeure de par ses usages culinaires et ses valeurs nutritionnelles. Le maïs est généralement produit en culture pure ou en association avec le niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp].

A l'image des autres régions Africaines, le Burkina Faso fait face au phénomène de dégradation des terres et en est une zone de dégradation par excellence. En effet, en plus de la pauvreté naturelle des sols dans sa quasi-totalité, les sols sont d'avantage exposés à l'altération. Le déficit des sols en matière organique et en phosphore a souvent été montré à l'évidence [3], [5]. L'action conjuguée de ces facteurs impactent négativement la production agricole des populations rurales dont la principale source de revenu et les moyens de subsistances demeurent les exploitations des terres agricoles. Il est par ailleurs de connaissance évidente que le Burkina Faso est un pays à vocation agricole où l'agriculture est le pilier de l'économie. En outre, l'agriculture burkinabè occupe environ 80% de la population active [6]. En 2024, la part contributive du secteur primaire au Produit intérieur brut (PIB) était de 20% contre 17,1% en 2023 [7]. Aussi, selon [8], 56,2% des travailleurs sont du secteur primaire. L'agriculture est donc un important secteur du développement du pays. Malgré cet état de fait, l'autosuffisance alimentaire reste un objectif à atteindre [9]. Par ailleurs, l'agriculture burkinabè est extensive et caractérisée par de petites exploitations familiales et assujettie à la pluviométrie. L'agriculture pluviale pratiquée dans le contexte sahélien et particulièrement au Burkina Faso souffre de sa vulnérabilité aux aléas climatiques tels que l'irrégularité de la pluie, les inondations, les poches de sécheresse. A cela s'ajoute la raréfaction des terres cultivables provoquée par une pression démographique. L'atteinte de la sécurité alimentaire demeure donc un défi difficile à relever dans ces conditions de précarité [10], [11]. Dans la perspective de mieux gérer la fertilité des sols et partant d'optimiser la productivité agricole, des techniques de Conservation des Eaux et des Sols et de Défense et Restauration des Sols (CES-DRS), des méthodes de travail du sol et de la fertilisation minérale et organique ont été développées. A titre d'illustration, une étude menée à l'ouest du Burkina Faso sur le maïs, montre que le labour a donné un rendement grain de 1110 Kg ha^{-1} et de 1340 kg ha^{-1} pour la paille [13]. L'amendement organique et minéral a donné de meilleurs rendements grains entre 2041 kg ha^{-1} et 1635 kg ha^{-1} suivant les traitements.

D'autre part, dans le cadre de la recherche des doses optimales de fertilisation, la technique de la microdose qui une application localisée d'engrais en très petite quantité [14] est utilisée. Une étude sur la fertilisation du maïs et du soja, a montré que la technique de la microdose a induit une augmentation des rendements du maïs d'environ 50% [15]. D'autres auteurs comme [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22] ont montré que l'apport de la matière organique (MO) améliore les propriétés physiques, chimiques et l'activité biologique des sols. Elle offre un bon état hydrique du sol, une meilleure physiologie des plantes et de meilleurs rendements agricoles.

De même, des méthodes résilientes, agroécologiques et protectrices des sols telles que les associations de cultures ont prouvé leur efficacité. Les performances agronomiques de l'association céréale-niébé et le rôle majeur du niébé dans la fixation de l'azote atmosphérique indispensable à l'assimilation chlorophyllienne ont été démontré dans des travaux de recherche antérieurs [23], [24]. En effet, des études ont montré que l'entrecroisement maïs-niébé a augmenté la teneur relative en chlorophylle du maïs [25] et rehaussant ainsi l'indice chlorophyllien des feuilles de maïs de 12,9% [26]. Malgré, les recherches pour une meilleure compréhension des systèmes maïs-niébé, il existe des limites surtout liées à la faible intégration des effets combinés de la fertilisation minérale et organique et aussi les interactions complexes comme les effets du travail du sol, des systèmes de cultures et de la fertilisation sur l'humidité et la chlorophylle. Par ailleurs, il faut noter que la gestion de l'humidité du sol et de l'état physiologique des cultures reste dépendante de la fertilité des sols et des aléas climatiques. Il est donc impératif de développer des technologies intégrant le travail du sol, les systèmes de culture et la fertilisation organo-minérale à même d'assurer un état hydrique des sols et physiologique des plantes pour une durabilité de la productivité agricole. Ainsi, l'objectif de cette étude est d'évaluer les effets du travail du sol, du système de culture et de la fertilisation organo-minérale sur l'humidité du sol et l'indice chlorophyllien des plants de maïs en association avec le niébé et de proposer une combinaison qui améliorera le potentiel hydrique du sol et l'assimilation chlorophyllienne du maïs.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITE DE L'ETUDE

Cette étude a été réalisée sous conditions pluviales en 2024 et 2025.à la Direction Régionale de Recherches Environnementales et Agricoles du Centre, station de Saria (12° 16' latitude nord ; 2° 9' longitude Ouest). Cette station de recherche est une des stations de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA). Elle est située à 80 Km à l'Ouest de Ouagadougou dans la province de Boulkiemdé (Figure 1) et à 23 Km à l'Est de Koudougou. Le site se situe dans la zone climatique soudano-sahélienne avec une saison de pluie qui va de mai à octobre et une saison sèche de novembre à avril. Sur le site d'étude, une variation intersaison des pluviométries annuelles des dix dernières années (2016 à 2025) a été observée avec une moyenne de 870,29 mm. La hauteur des pluies enregistrées durant l'année 2024 a été de 910,6 mm avec 69 jours de pluie contre 821,5 mm avec 71 jours pour l'année 2025. En 2024, les

températures mensuelles minima ont varié de 12,63 °C à 27,53 °C avec une moyenne annuelle de 20,85 °C et les maximas de 31,01 °C à 41,24 °C avec une moyenne de 35,61 °C. En 2025, les minima se situent entre 14,34 °C et 26,03 °C avec une moyenne annuelle de 21,21°C tandis que les maximas ont varié de 30,37 °C à 40,70 °C. Le substrat sur lequel a été conduit l'essai est un sol ferrugineux tropical lessivé induré (CPCS, 1967). Le sol a une carapace située à plus de 50 cm de profondeur avec une texture sablo-limoneuse en surface (78,92% de sable, 13,11% de limon et 7,96% d'argile), une faible capacité de rétention en eau et un pH (eau) de 5,18. La matière organique totale est de 0,49% avec un rapport de C/N de 10; la somme des bases échangeables est de 2,14 méq/100g, une CEC de 3,8525 méq/100g et un taux de saturation (S/T) de 55,5%.

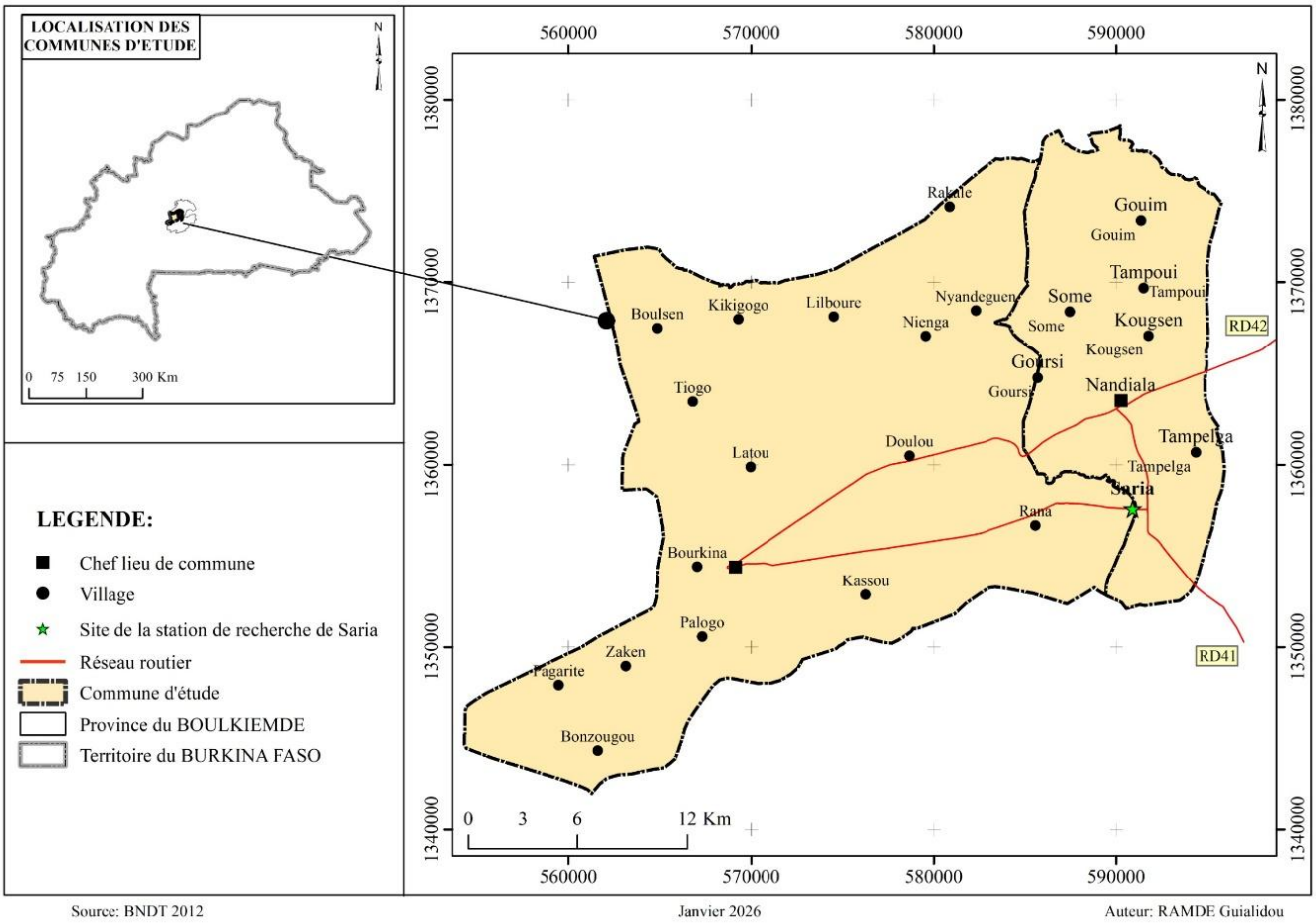


Fig. 1. Carte de localisation du site d'étude (Station de Recherches de Saria) dans la région du centre-ouest du Burkina Faso

2.2 MATERIEL VEGETAL

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est composé d'une variété FBC6 de maïs et d'une variété Teek-songo de niébé, toutes mises au point par l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA). La variété FBC6 est une variété composite à double objectif (grain et fourrage) avec un cycle végétatif de 91 jours et pouvant atteindre 2,15 m de hauteur. Elle a un rendement potentiel de 5,6 t ha^{-1}. La variété Teek-songo du niébé est aussi une variété à double usage avec une bonne couverture du sol. Elle a un rendement potentiel en grain de 1,5 t ha^{-1} et en fane de 4,5 t ha^{-1} avec un cycle végétatif de 70 jours. La culture de ces deux variétés est recommandée dans la zone soudano-sahélienne. En effet, ces deux variétés sont adaptées au climat difficile et sont bien appréciées par la population locale. La variété Teek-songo peut donner des rendements satisfaisants sur des sols à fertilité médiocre et a une bonne valeur économique.

2.3 FERTILISANTS

Le compost ayant servi de fertilisant organique a été obtenu auprès de la société Bioprotect spécialisée dans la production de biofertilisants et de biopesticides. Les caractéristiques du compost sont consignées dans le tableau 1. Les engrains minéraux utilisés dans le cadre de cet essai ont été le NPK 14 N-23 P_2O_5-14 K_2O-6 SO_3-2 B et l'urée 30 N-3 MgO-8 S-0,3 Zn-0,2 B.

Tableau 1. Caractéristiques chimiques du compost

Carbone et matière organique				Phosphore		Potassium		Eléments totaux		
MO total	C Total	N Total	C/N	P Assimilable	P Total	K disponible	K total	Ca Total	Mg Total	pH (eau)
(%)				(mg/Kg)		(g/Kg)		(mg/Kg)		
28,26	16,39	0,91	18	311,18	5,99	14,1	14,39	654,30	178,96	7,82

Note: C = Carbone, N = Azote, P = Phosphore, K = potassium, Ca = Calcium, Mg = Magnésium

2.4 DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Le dispositif expérimental utilisé est un bloc complètement randomisé avec des traitements arrangés en split-plot avec trois répétitions. Les parcelles principales sont représentées par trois méthodes de travail du sol (TS). Les parcelles secondaires sont représentées par deux systèmes de culture (SC) combinés à cinq (05) niveaux de fertilisation du sol (fertilisation minérale et/ou organique) (F). La taille de la parcelle élémentaire est 24 m^2 soit six mètres de long sur quatre mètres de large. Ces parcelles sont séparées par des allées d'un (01) m. Les différents traitements appliqués sont consignés dans le Tableau 2.

Tableau 2. Méthodes de travail du sol (TS), systèmes de culture (SC) et les niveaux de fertilisation (F)

Travail du sol								
TS1: *Scarifiage* (grattage superficiel) au cultivateur (houe manga) par traction bovine à une profondeur moyenne de 10 cm.								
TS2: *Labour* superficiel à la charrue (CH9) par traction bovine à une profondeur moyenne de 15 cm.								
TS3: *Billonnage cloisonné,* réalisé à l'aide de la charrue à corps butteur par traction bovine suivant la ligne de semis suivie d'un cloisonnement à un mois après semis du maïs et du niébé.								
Systèmes de culture								
SC1: Association de maïs et de niébé en lignes alternées: 1 ligne de maïs suivie de 1 ligne de niébé.								
SC2: Association de maïs et de niébé en lignes alternées: 2 lignes de maïs suivies de 2 lignes de niébé								
Fertilisation	**N**	**Mg**	**P_2O_5**	**Zn**	**K_2O**	**S**	**B**	**Compost**
				Kg ha^{-1}				
F1 = Zéro fertilisation	0	0	0	0	0	0	0	0
F2 = 200 kg ha^{-1} de NPK + 200 kg ha^{-1} d'urée 30 N sur le maïs et 100 kg ha^{-1} de NPK sur le niébé	102	6	46	0,6	42	34	6,4	0
F3 = 300 kg ha^{-1} de NPK + 100 kg ha^{-1} d'urée 30 N sur le maïs et 100 kg ha^{-1} de NPK sur le niébé	86	3	69	0,3	56	32	8,2	0
F4 = F2 + 2500 kg ha^{-1} de Compost	102	6	46	0,6	42	34	6,4	2500
F5 = F3 + 2500 kg ha^{-1} de Compost	86	3	69	0,3	56	32	8,2	2500

Tableau 3. Combinaisons des systèmes de culture et des niveaux de fertilisation (SC-F)

SC1-F1 : Association de maïs et de niébé en lignes alternées : 1 ligne de maïs suivie de 1 ligne de niébé avec F1
SC1-F2 : Association de maïs et de niébé en lignes alternées : 1 ligne de maïs suivie de 1 ligne de niébé avec F2
SC1-F3 : Association de maïs et de niébé en lignes alternées : 1 ligne de maïs suivie de 1 ligne de niébé avec F3
SC1-F4 : Association de maïs et de niébé en lignes alternées : 1 ligne de maïs suivie de 1 ligne de niébé avec F4
SC1-F5 : Association de maïs et de niébé en lignes alternées : 1 ligne de maïs suivie de 1 ligne de niébé avec F5
SC2-F1 : Association de maïs et de niébé en lignes alternées : 2 lignes de maïs suivies de 2 lignes de niébé ave F1
SC2-F2 : Association de maïs et de niébé en lignes alternées : 2 lignes de maïs suivies de 2 lignes de niébé avec F2
SC2-F3 : Association de maïs et de niébé en lignes alternées : 2 lignes de maïs suivies de 2 lignes de niébé avec F3
SC2-F4 : Association de maïs et de niébé en lignes alternées : 2 lignes de maïs suivies de 2 lignes de niébé avec F4
SC2-F5 : Association de maïs et de niébé en lignes alternées : 2 lignes de maïs suivies de 2 lignes de niébé avec F5

2.5 CONDUITE DE L'ESSAI

Avant la réalisation des différentes méthodes de travail du sol (scarifiage, labour et billonnage), une dose de 2500 kg ha^{-1} an^{-1} de compost a été épandue à la volée dans les parcelles devant recevoir du compost avant le semis. Les semis (maïs et niébé) ont été effectués le 10 juillet et le 11 juillet respectivement en 2024 et en 2025 en lignes alternées. Avant le semis, les graines de niébé et les grains de maïs ont été enrobés avec le fongicide calthio (chlorpyrifos-éthyl). La densité de semis a été de 80 cm entre les lignes et 40 cm

entre les poquets de la même ligne soit 31250 poquets ha^{-1} pour les deux spéculations. Un démariage à deux plants par poquet a été fait après la levée. Quatorze (14) Jours après le semis (JAS), le NPK a été appliqué par la technique de la microdose. L'urée a été apportée uniquement aux plants de maïs également par la technique de la microdose en deux fractions. La première fraction à 30 JAS et la deuxième fraction à 45 JAS. Les doses d'engrais minéraux des différents traitements ont été présentées dans le Tableau 2. En cas d'enherbement des parcelles, des sarclages à la daba ainsi que des désherbages à la main ont été réalisés. Pour chaque année, deux sarclages et un désherbage ont été réalisés. Pour lutter contre les pucerons (aphidés) du niébé (*Aphis craccivora* Koch), des traitements phytosanitaires du niébé ont été faits dès l'apparition des boutons floraux avec l'insecticide pacha 25 EC [Acétamipride (10 g/L) + Lambda cyhalothrine (15 g/L)] à la dose d'un (l) L ha^{-1} mélangé avec 400 L d'eau. À la formation des gousses, un traitement est fait avec le K-Optimal [Lambda cyhalothrine (15 g/L) + Acétamipride (20 g/L)] à la dose d'un (l) L ha^{-1} mélangé avec 300 litres d'eau. Lees traitements ont été appliqués tôt les matins avant la levée du soleil.

2.6 PARAMETRES MESURES

La teneur en eau volumétrique dans chaque parcelle élémentaire a été mesurée ainsi que l'indice chlorophyllien des feuilles des plants de maïs. La teneur en eau volumétrique des parcelles a été mesurée à 50% et à 100% de floraison femelle des plants de maïs à l'aide d'un humidimètre à sonde (HyroSense II) dans les 10 premiers centimètres du sol. Une moyenne est obtenue à partir de trois mesures faites sur chaque parcelle utile suivant les diagonales. Quant à l'indice chlorophyllien, des mesures directes sont faites sur cinq feuilles de cinq plants de maïs à trois niveaux pris de manière aléatoire. Les mesures ont été faites à la montaison au niveau de chaque parcelle utile à l'aide d'un SPAD-mètre de modèle Konica Minolta SPAD-502. Les prises de mesure à l'aide de ce type d'appareil ont l'avantage d'être une méthode non destructive des feuilles contrairement aux méthodes chimiques traditionnelles. Ces mesures contribuent à optimiser la fertilisation et permettent d'évaluer l'état de sanitaire des plants, lequel fortement corrélé à la teneur en azote [27], [28]. Les mesures à l'aide des chlorophylle-mètres sont rapides et moins couteuses et permettent un suivi de l'état nutritionnel et de l'application de l'azote [27], [29].

2.7 ANALYSE DES DONNEES

Le tableur Microsoft Excel a été utilisé pour saisir les données collectées. L'analyse des variances a été faite pour vérifier si les moyennes des traitements sont significativement différentes les unes des autres. Le logiciel SAS/STAT® a été utilisé pour l'analyse statistique des données. La probabilité de significativité critique a été de 0,05.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 RESULTATS

3.1.1 EFFETS DES FACTEURS TESTES SUR LES PARAMETRES MESURES

L'analyse de variance (ANOVA) a fait ressortir que l'humidité volumétrique des parcelles à 50% de floraison femelle du maïs a été affectée par le travail du sol en 2024 ($P = 0,003$). Cependant, en 2025, aucun effet significatif des facteurs testés ($P > 0,05$) n'a été mis en évidence sur l'humidité du sol à 100% de floraison femelle. Il en est de même pour l'interaction du travail du sol et du système de culture avec fertilisation ($P = 0,434$). L'indice chlorophyllien à la montaison a été affecté significativement par la variabilité annuelle ($P < 0,001$) et le système de culture avec fertilisation ($P < 0,001$). Aussi, ce même indice chlorophyllien a été significativement impacté par l'interaction du travail du sol et du système de cultures avec fertilisation ($P = 0,014$).

3.1.2 VARIATION DE L'HUMIDITE DU SOL

EFFET DU TRAVAIL DU SOL SUR L'HUMIDITE VOLUMETRIQUE DES PARCELLES A 50% DE FLORAISON FEMELLE EN 2024

Sur l'horizon 0-10 cm, les résultats ont montré que l'humidité volumétrique du sol a été plus faible sur les parcelles de scarifiage que sur les deux autres méthodes de travail du sol (labour et billonnage cloisonné). En effet, les taux l'humidité dans les parcelles de billonnage cloisonné (17,98%) et de labour (16,91%) sont significativement plus élevés que ceux des parcelles de scarifiage (14,28%) (Figure 2).

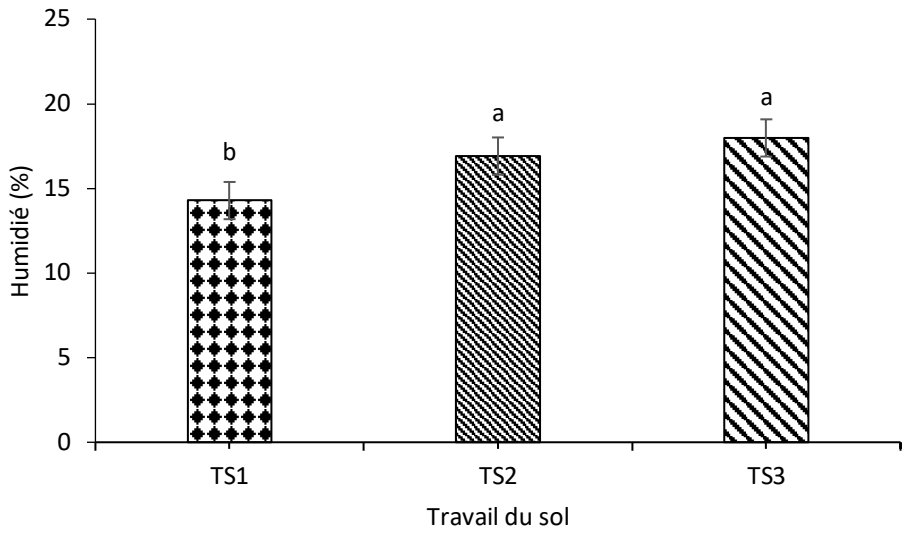


Fig. 2. Effet du travail du sol sur l'humidité volumétrique des parcelles à 50% de floraison femelle en 2024, Saria, Burkina Faso (Probabilité de l'analyse de variance: P = 0,003)

Note: TS1 = Travail minimum du sol; TS2 = Labour; TS3 = Billonnage cloisonné

3.1.3 VARIATION DE L'INDICE CHLOROPHYLLIEN DES PLANTS DE MAÏS

EFFET INTERACTIF DU TRAVAIL DU SOL ET DU SYSTEME DE CULTURE AVEC FERTILISATION DU SOL SUR L'INDICE CHLOROPHYLLIEN DES FEUILLES DU MAÏS A LA MONTAISON

Le scarifiage (TS1) a généré une stabilité de l'indice chlorophyllien des feuilles de maïs dans l'ensemble des systèmes de culture avec fertilisation à l'exception des parcelles n'ayant pas reçu de fertilisation (SC1-F1; SC2-F1) et des parcelles avec un système de culture associant deux lignes de maïs suivies de deux lignes de niébé et une fertilisation de F5 (SC2-F5) **(**Tableau 4).

Dans les parcelles labourées (TS2), les résultats indiquent que les indices chlorophylliens apparaissent similaires pour tous les niveaux système de culture avec fertilisation sauf dans les systèmes de culture avec fertilisation SC1-Fl (une ligne de maïs suivie d'une ligne de niébé sans fertilisation organique et minérale) et SC2-F1 (deux lignes de maïs suivies de 2 lignes de niébé sans fertilisation organique et minérale) avec les indices les plus faibles (24 pour SC1-F1 et 25,99 pour SC2-F1).

Aussi, les indices SPAD restent similaires dans pratiquement toutes les parcelles de billonnage cloisonné (TS3). Les résultats ont montré des indices chlorophylliens les plus élevés mais similaires dans les systèmes de culture avec amendement du sol mais des indices plus faibles encore dans les mêmes combinaisons et qui sont de 21,23 pour SC1-F1 et 20,49 pour SC2-F1.

Sur le billonnage cloisonné, la combinaison SC1-F5 a induit un taux d'évolution de 82,71% comparativement à SC1-F1 et de 89,31% par rapport à SC2-F1.

En moyenne, sur les dix systèmes de culture avec fertilisation organo-minérale du sol, les différentes méthodes de travail du sol ont montré une similitude des indices chlorophylliens dans les feuilles de maïs à la montaison. Les résultats indiquent également qu'en moyenne sur les trois méthodes de travail du sol, le système de culture SC1-F4) a favorisé des indices chlorophylliens plus élevés, des indices plus faibles dans les systèmes SC1-F1 (une ligne de maïs suivie d'une ligne de niébé sans fertilisation organique et minérale) et SC2-F1 (deux lignes de maïs suivies de 2 lignes de niébé sans fertilisation organique et minérale) et des indices intermédiaires dans les autres systèmes de culture avec fertilisation.

Tableau 4. Effet interactif du travail du sol (TS), du système de cultures avec fertilisation (SC-F) sur l'indice chlorophyllien à la montaison des feuilles de maïs, 2024 et 2025, Saria, Burkina Faso

Système de culture avec fertilisation	Travail minimum	Labour	Billonnage cloisonné	Moyenne
	Indice chlorophyllien SPAD			
SC1-F1	27,53cA	24bB	21,23bB	24,25c
SC1-F2	35,27abA	32,72aA	36,04aA	34,68ab
SC1-F3	35,75abA	35,11aA	35,35aA	35,41ab
SC1-F4	35,61abA	35,52aA	37,91aA	36,35a
SC1-F5	32,71abB	36,47aAB	38,79aA	35,99ab
SC2-F1	24,76cA	25,99bA	20,49bB	23,75c
SC2-F2	34,2abA	34,80aA	38,02aA	35,67ab
SC2-F3	36,25aA	34,80aA	37,07aA	36,04ab
SC2-F4	34,436abA	35,39aA	36,86aA	35,56ab
SC2-F5	31,97bA	33,73aA	35,61aA	33,77b
Moyenne	32,851A	32,85A	33,74A	

Les valeurs suivies de la même lettre en minuscule dans une même colonne et en majuscule dans une même ligne ne sont pas significativement différentes à P ≤ 0,05.

3.2 DISCUSSION

3.2.1 EFFETS DES FACTEURS TESTES SUR L'HUMIDITE DU SOL

Le maïs est une céréale exigeante en eau pour sa culture. En effet, l'eau est cruciale pour sa croissance végétative et la production. Une gestion optimale de l'humidité est donc nécessaire pour la culture du maïs en contexte sahélien où la pluviométrie est souvent rare et parfois marquée par une répartition inégale dans le temps et dans l'espace. Le travail du sol dont le but est de mieux optimiser la gestion des eaux de pluie permet ainsi aux plantes de maïs un développement sain tout en garantissant un rendement meilleur. A 50% de floraison femelle, les résultats ont montré que le travail du sol a impacté significativement l'humidité des parcelles**.** En effet, sur les parcelles de labour et de billonnage cloisonné, les taux d'humidité, respectivement de 16,91% et de 17,98%, ont été les plus élevés par rapport au travail minimum du sol (14,28%). De ce fait, le travail du sol a brisé les contraintes du sol en améliorant sa porosité, ce qui a facilité l'infiltration de l'eau et de manière générale ses propriétés hydriques du sol. Des études faites sur le sorgho en association avec le niébé ont montré que le travail du sol améliore l'humidité du sol [30], [31].

L'humidité du sol à 50% de floraison femelle du maïs observée sur les parcelles de billonnage cloisonné a été plus importante. Le cloisonnement des billons réalisé à 30 JAS en constituant une barrière empêche le ruissellement des eaux de pluie permettant ainsi une augmentation de l'infiltration de l'eau dans les parcelles et une réduction de l'érosion hydrique. Les résultats indiquent que le taux d'humidité à 50% de floraison femelle des parcelles a été significativement influencé par le labour. Cela s'expliquerait par l'impact améliorant du labour sur la porosité et l'infiltration de l'eau. Par ailleurs, le niébé est une plante de couverture. Il contribue dans ce sens à conserver l'humidité du sol pendant une longue période au profit des plants de maïs [32], [33].

3.2.2 EFFETS DES FACTEURS TESTES SUR L'INDICE CHLOROPHYLLIEN DU MAÏS

Les résultats ont montré que l'indice SPAD des feuilles de maïs a été influencé par l'année de production et par l'effet interactif des méthodes de travail du sol et des systèmes de cultures associé à la fertilisation minérale et organique. Cela pourrait s'expliquer par l'effet positif interactif des modes de gestion de la santé des sols associant les modalités de travail du sol, les systèmes de cultures et la fertilisation organo-minérale. En effet, ces systèmes de culture influenceraient les réactions physiologiques et métaboliques qui se produisent au sein des plantes. En outre, la molécule de la chlorophylle a pour composant principal l'azote et une humidité optimale associée à une fertilisation équilibrée améliore la photosynthèse [34], [35], [36]. L'humidité du sol est un facteur influençant la teneur de la chlorophylle [34], [35]. A cet effet, le manque d'eau provoque un stress hydrique des plantes ayant pour conséquence la fermeture des stomates au niveau des racines, ce qui réduit l'absorption des éléments minéraux amenés par le flux d'eau. De plus, l'eau est par excellence le milieu idéal pour les réactions enzymatiques qui se déroulent dans les chloroplastes et responsables de la libération des précurseurs de la chlorophylle. C'est en ce sens que, les méthodes de travail du sol qui permettent une meilleure gestion de l'humidité pourraient contribuer à l'augmentation du taux de chlorophylle. Par ailleurs, des résultats de travaux de recherche antérieure ont montré que le stress hydrique influence significativement les teneurs en amidon dans les feuilles à tous les stades végétatifs [37]. Il a été également rapporté que l'indice chlorophyllien au niveau des feuilles étendard des plantes de blé a été augmenté avec le labour conventionnel comparativement au semis direct et au travail minimum du sol [38]. Des études en Chine ont conclu que le labour, seul ou associées à l'irrigation améliorent les teneurs en chlorophylle ainsi que le taux net de la photosynthèse par [39], [40]. Les engrais

minéraux et le compost apportent beaucoup d'azote aux plantes, ce qui les enrichit en concentration chlorophyllienne [41]. Aussi, la matière organique apportée au sol par la fertilisation organo-minérale améliore la capacité de rétention en eau du sol à travers l'effet « éponge » qu'elle crée, en empêchant la mise en place d'une croute de battance [16]. Les résultats de la présente étude ont indiqué que le labour et le billonnage cloisonné ont généré les forts taux d'humidité. Cependant, d'après l'ANOVA, leur taux de chlorophylle reste identique à celui du scarifiage (travail minimum du sol). Cela dénote que l'humidité n'est pas le seul facteur pouvant influencer la concentration en chlorophylle des feuilles. Aussi, cette similitude pourrait s'expliquer par le fait que, durant les deux années de l'expérimentation, la pluviométrie respectivement de 910,6 mm et de 821,5 mm était optimale pour la culture céréalière et légumineuse.

Il existe une corrélation positive entre la teneur en chlorophylle dans les feuilles et l'azote [35]. Les feuilles vertes des plantes sont généralement celles ayant une forte teneur en chlorophylle (ayant emmagasiné une concentration suffisante en azote) et une forte capacité photosynthétique, ce qui indique une bonne santé foliaire. L'apport de la matière organique et des engrais minéraux sont une source d'éléments minéraux nutritifs. Les éléments minéraux des engrais chimiques sont immédiatement assimilables par les plantes tandis que le compost libère progressivement ces éléments nutritifs qui permettent aux plantes une meilleure croissance à chaque stade végétatif [33]. Aussi, les légumineuses sont réputées avoir la capacité de fixer de façon symbiotique l'azote atmosphérique et de le libérer au profit des céréales lorsqu'elles sont associées [42]. Les obtenus dans cette étude montrent que les parcelles ayant reçu des engrais chimiques, du compost et une alternance du maïs et du niébé (une ligne ou deux lignes) ont celles qui ont connu les indices chlorophylliens les plus élevés par rapport aux parcelles sans compost et d'engrais minéraux, quelle que soit la méthode de travail du sol. Cela serait dû à l'action conjuguée du travail du sol, de l'association culturale (mais-niébé) et surtout de l'amendement organo-minéral. Ces résultats corroborent ceux de qui ont montré que Le travail du sol combiné aux apports organo-minéraux permettent de relever l'humidité du sol et par conséquent l'indice chlorophyllien des feuilles de sorgho en association avec le niébé, comme rapporté dans des travaux de recherche antérieure [31].

4 CONCLUSION

L'étude a été conduite à la station de recherches environnementales et agricoles de Saria en 2024 et en 2025, en zone soudano-sahélienne pour évaluer les effets du travail du sol et de l'association maïs-niébé sur l'humidité du sol et l'assimilation chlorophyllienne du maïs. Les résultats ont montré qu'à la première année, le labour et le billonnage cloisonné permettent d'avoir des taux d'humidité à 50% de floraison femelle significativement plus élevés que le scarifiage. Cependant, à 100% de floraison femelle de la deuxième année de la campagne agricole, le travail du sol n'a pas eu d'effets significatifs sur l'humidité du sol. En outre, le système de culture alternant une ligne de maïs et une ligne de niébé avec un apport de compost et d'engrais minéraux permet d'observer des indices chlorophylliens dans les feuilles de maïs plus élevés quel que soit le travail du sol sur l'ensemble des deux années. En moyenne, sur les dix systèmes de culture avec fertilisation organo-minérale du sol, les différentes méthodes de travail du sol ont montré une similitude des indices chlorophylliens dans les feuilles de maïs à la montaison. Les résultats indiquent également qu'en moyenne sur les trois méthodes de travail du sol, le système de culture SC1-F4 (une ligne de maïs et une ligne de niébé avec un apport de compost et d'engrais minéraux) a favorisé des indices chlorophylliens plus élevés, des indices plus faibles dans les systèmes SC1-F1 (une ligne de maïs suivie d'une ligne de niébé sans fertilisation organique et minérale) et SC2-F1 (deux lignes de maïs suivies de 2 lignes de niébé sans fertilisation organique et minérale) et des indices intermédiaires dans les autres systèmes de culture avec fertilisation. Au regard de ces résultats, le labour et le billonnage cloisonné dans les systèmes de culture alternés d'une ligne avec une application de 2500 kg ha^{-1} de compost et 200 kg ha^{-1} de NPK sur le maïs + 100 kg ha^{-1} de NPK sur le niébé + 200 kg ha^{-1} d'urée sur le maïs (SC1-F4) peuvent être recommandés pour une optimisation des systèmes de production à base du maïs et du niébé en culture associée dans la zone soudano-sahélienne du Burkina Faso

CONFLIT D'INTERET

Tous les auteurs ayant pris part à cette étude déclarent l'inexistence de conflits d'intérêts.

CONTRIBUTION DES AUTEURS

De la mise en place du protocole de recherche en passant par les travaux de terrain et la rédaction du manuscrit, tous les auteurs ont marqué leur engagement sans faille et leur participation.

REMERCIEMENTS

Nous exprimons notre profonde gratitude à l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) du Burkina Faso pour son soutien administratif et matériel et le Programme de Laboratoire d'Innovation et d'Intensification Durable (accord de coopération n° AID-OAA-L-14-00006) (SIIL-Burkina) pour leur contribution financière à la réalisation de cette étude et leur soutien matériel et administratif dans la conduite de l'étude.

REFERENCES

[1] FAO, «Cultures et produits animaux [Base de données]», Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAOSTAT, 2024. http://www.fao.org/faostat/fr/#data.

[2] Direction Générale des Études et des Statistiques Sectorielles (DGESS), «Rapport sur les finances publiques gestion 2023», Burkina Faso, 2023.

[3] A. Bationo and Waswa, B. S, «New challenges and opportunities for integrated soil fertility management in Africa», In A. Bationo, B. Waswa, J. M. Okeyo, F. Maina & J. Kihara (Eds.), Innovations as Key to the Green Revolution in Africa: *Exploring the Scientific Facts,* pp. 3-17, 2011, Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2543-2_.

[4] S. Traoré, K. Ouattara, U. Ilstedt, M. Schmidt., A. Thiombiano, A. Malmer and G. Nyberg, «Effect of land degradation on carbon and nitrogen pools in two soil types of a semi-arid landscape in West Africa», *Geoderma,* vol. 241–242, pp. 330–338, 2015. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.11.027

[5] B. Bacyé, H. S. Kambire and A. S. Somé, «Effets des pratiques paysannes de fertilisation sur les caractéristiques chimiques d'un sol ferrugineux tropical lessivé en zone cotonnière à l'Ouest du Burkina Faso», *International Journal of Biological and Chemical Sciences,* vol. 13, no. 6, pp.2930-2941, 2019. https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i6.39.

[6] MARAH (Ministère de l'Agriculture, des Ressources Animales et Halieutiques), «Offensive agropastorale et halieutique 2023-2025», Burkina Faso, 2025.

[7] MEFP (Ministère de l'Economie, des Finances et de la Prospective), «Rapport sur les finances publiques gestion 2024», Burkina Faso, 75p, 2024.

[8] INSD (Institut national de la statistique et de la démographie), «Cinquième Recensement général de la Population et de l'Habitation du Burkina Faso», synthèse des résultats définitifs. Ouagadougou, Burkina Faso, 133p, 2022.

[9] MAAHM (Ministère de l'Agriculture, des Aménagements Hydro agricoles et de la Mécanisation), «Tableau de bord statistique de l'agriculture 2021», Ouagadougou, Burkina Faso, 83p, 2021.

[10] M. B. Pouya, M. O. Savadogo, J. Ouédraogo, I. Sermé, G. Vognan, D. Dakuo, M. P. Sedogo and F. Lompo, «Déterminants socio-économiques de la dégradation des sols et de l'adoption des technologies de gestion de la fertilité des sols selon les perceptions paysannes dans les zones cotonnières du Burkina Faso», Asian *Journal of Science and Technology,* vol. 11. no. 06, pp. 11003–11011, 2020.

[11] World Bank, «Population growth (annual %) – Sub-Saharan Africa», World Bank *Open Data,* 2021. https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.GROW?locations=ZG.

[12] N. E. Kohio, G. A. Toure, P. M. Sedogo, K. J. M. Ambouta, «Contraintes à l'adoption des bonnes pratiques de gestion durable des terres dans les zones soudaniennes et soudano-sahéliennes du Burkina Faso» *International Journal of Biological and Chemical Sciences, vol.* 11, no. 6, pp. 2982-2989, 2017.

[13] A. Traoré, F. Saba, K. Traoré, A. A Bandaogo, P. Bazongo and O. Traoré, «Effects of soil preparation techniques and organic-mineral fertilization on maize (Zea mays L.) yields in western Burkina Faso in the context of climate change», *International Journal of Biosciences,* vol. 27, no. 3, pp. 107–115, 2025. https://doi.org/10.12692/ijb/27.3.107-115.

[14] IFDC (International Fertilizer Development Center), «Recommandations 2018 d'engrais pour l'Afrique de l'Ouest», *IFDC,* 42p, 2018.

[15] I. Sermé, M. B. Pouya, I. Nignan and K. Ouattara, Effet de l'application d'engrais solubles NPK et de l'Urée en microdose sur le soja et le maïs au Burkina Faso. *Revue Science et technique, Sciences naturelles et appliquées,* Vols. 34 à 37, ISSN 1011-6028.

[16] S. Pale, A. Barro, M. Koumbem, A. Sere and H. Traoré, «Effets du travail du sol et de la fertilisation organo-minérale sur les rendements du mil en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso» *International Journal of Biological and Chemical Sciences,* vol. 15, no. 2, pp. 497–510 2021. https://doi.org/10.4314/ibis.v15i2.10.

[17] E. Hien, D. Masse., W.T. Kaboré, P. Dugué and M. Lepage, «Soil organic inputs and water conservation practices are the keys of the sustainable farming systems in the sub-Sahelian zone of Burkina Faso», In A. Bationo (Ed.), *Innovations as Key to the Green Revolution in Africa* pp. 121, 2011, Springer. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2543-2_121.

[18] D. Somé, E. Hien, K. Assigbetse, J. J. Drevon and D. Masse, «Dynamique des compartiments du carbone et de l'azote dans le sol cultivé en niébé et sorgho dans le système zaï en zone Nord-soudanienne du Burkina Faso», *International Journal of Biological and Chemical Sciences,* vol. 9, no. 2, pp.954–969, 2015. https://doi.org/10.4314/ijbcs.v9i2.32.

[19] E. Roose, «Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens. Contribution à l'agroécologie», *IRD Editions, Institut de Recherche pour le Développement,* Montpellier, pp. 542, 2015.

[20] B. Van Wesemael, C. Chartin, M. Wiesmeier, M. von Lützow, E. Hobley, M. Carnol, I. Krüger, M. Campion, N. Roisin, S. Hennart and I. Kögel-Knabner, «An indicator for organic matter dynamics in temperate agricultural soils», *Agriculture, Ecosystems & Environment,* vol. 274, pp. 62-75, 2019. https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.01.005

[21] F. O. Ayuke, Z. Zida and D. Lelei, «Effects of soil management on aggregation and organic matter dynamics in sub-Saharan Africa», *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development,* vol. 19, no. 1, pp. 13992–14009, 2019. https://doi.org/10.18697/ajfand.84.BLFB1002.

[22] D. Guébré, S. Traoré, E. Hien, D. Somé, B.A. Bationo and M. Wiesmeier, Soil macrofaunal activity, microbial catabolic limitations and nutrient cycling in cropping systems amended with woody residues and nitrogen inputs. *Pedobiologia, vol.* 83, pp. 150686, 2020. https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2020.150686.

[23] L. Bedoussac, E. P. Journet, H. Hauggaard-Nielsen, C. Naudin, G. Corre-Hellou, E. S. Jensen, L. Prieur and E, «Justes, Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming: A review», *Agronomy for Sustainable Development,* vol. 35, no. 3, pp. 911–935, 2015. https://doi.org/10.1007/s13593-014-0277-7.

[24] K. F. Zongo, E. Hien, B. T. Maré and D. Guébré, «Performance de l'association mixte sorgho-niébé sur les productivités du sorgho et des sols en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso», *International Journal of Biological and Chemical Sciences,* vol. 15, no. 3, pp. 987–1005. 2021https://doi.org/10.4314/ijbcs.v15i3.12.

[25] M. Gao, X. Wang, R. Chen, H. Gao, X. Wang and H. Liu, «Optimization of water and fertilizer management on the intercropping system between maize and mung bean to improve photosynthetic characteristics & water use and to increase plant yield», *Frontiers in Plant Science,* vol. 16, Article 1597198, 2025. https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1597198.

[26] J.F. Pierre, L. Latournerie-Moreno, R. Garruña, A. M. C. Laboski, L. K. Jacobsen, R Us-Santamaría and E. Ruiz-Sánchez, «Effect of Maize–Legume Intercropping on Maize Physio-Agronomic Parameters and Beneficial Insect Abundance», *Multidisciplinary Digital Publishing Institute,* vo. 14, no. 19, pp. 12385, 2022. https://doi.org/10.3390/su141912385.

[27] F. S. Alessana, M. B. S. Edna, D. C. S. Matheus, P. S. William, J. A. D. S. Tonny and D. N. F. Lorraine, «Efficiency of portable chlorophyll meters in assessing the nutritional status of wheat plants», Revista *Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,* vol. 9, no. 12, pp. 1148 1151, 2015. http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n12p1148-1151.

[28] F. Ben Abdallah, W. Philippe and J-P. Goffart, Utilisation de la fluorescence chlorophyllienne pour l'évaluation du statut azoté des cultures (synthèse bibliographique). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement,* vol. 20, no. 1, pp. 83–93, 2016. https://doi.org/10.25518/1780-4507.

[29] M. M. Akhter, A. Hossain, J. Timsina, D. S. J. A. Teixeira and M. S. Islam, Chlorophyll meter – a decision-making tool for nitrogen application in wheat under light soils. International Journal of Plant Production, vol. 10, no. 3, pp. 289–302, 2016. https://doi.org/10.22069/ijpp.2016.2898.

[30] R. Zougmoré, A Jalloh and A. Tioro, «Climatesmart soil water and nutrient management options in semiarid West Africa: a review of evidence and analysis of stone bunds and zaï techniques», *Agriculture & Food Security,* vol. 3, no. 16, pp. 1-8, 2014. https://doi.org/10.1186/2048-7010-3-16.

[31] M. Koumbem, S. Pale, E. Hien, D. Yonli, H. Traore, G. Pale, V.V Prasad, B. J. Middendorf, «Effets du travail du sol et de la fertilisation organo-minérale sur l'humidité du sol et l'assimilation chlorophyllienne du sorgho en culture associée avec le niébé», *International Journal of Biological and Chemical Sciences,* vol. *16, no.* 5, pp. 2396-2412, 2022. https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v16i5.45.

[32] CILSS (Comité permanent Inter- États de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel), «Bonnes pratiques agro-sylvo pastorales d'amélioration durable de la fertilité des sols au Burkina Faso», CILSS, Ouagadougou, 194 p, 2012.

[33] M. Koumbem, «Contribution des systèmes de culture et de la fertilisation organo-minérale à la productivité du sorgho et du niébé en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso», Thèse de doctorat unique, Université Joseph KI-ZERBO, Ouagadougou, Burkina Faso, 158p, 2023.

[34] W. G. Hopkins, «Physiologie végétale», *Editions De Boeck Supérieur,* ISBN: 978-2-7445-0089-3, 628 p, 2003.

[35] K. Habiba, Z. Nasr, A. Khaldi, S. Y. Woo, M. Nouri, MN. Rejeb, Efficience d'utilisation de l'eau et de l'azote par les plants de chêne-liège (*Quercus suber* L.), IOBC/wprs Bulletin 76 pp. 35–42, 2012.

[36] Z. Kaboré, A. P. Kihindo, H. R. Bazie, R. F. Ouédraogo, D. Dianou and G. Zombré, Effet de l'inoculation de Rhizobium vignae sur la physiologie et l'agromorphologie de la variété NIIZWE de niébé (Vigna unguiculata (L.) Walp.) soumise à un stress hydrique 142 aux stades végétatifs et floraison. *Afrique SCIENCE,* vol. 14, no. 1, pp. 334 – 350. ISSN 1813 548X, 2018.
DOI: http://www.afriquescience.inf.

[37] P. P. Somé, E. Hien, K. Tozo, G. Zombré and D. Dianou, «Effets de six composts sur les réponses physiologiques, biochimiques et agronomiques du niébé *Vigna unguiculata* L. Walp var. KVX. 61.1. au déficit hydrique», *International Journal of Biological and Chemical Sciences,* vol. 8. no. 1, 2014. https://doi.org/10.4314/ijbcs.v8i1.4.

[38] J. Buczek, D. Migut and M. Jańczak-Pieniążek, «Effect of soil tillage practice on photosynthesis, grain yield and quality of hybrid winter wheat», *Agriculture,* vol. 11, no. 6, pp. 479, 2021. https://doi.org/10.3390/agriculture11060479.

[39] Z. Liu, K. Zhang, C. Huang and J. Sun, «Effects of different tillage and irrigation methods on photosynthetic characteristics of maize», *Journal of Soil and Water Conservation,* vol. 33, no. 4, pp. 213–220, 2019. https://doi.org/10.13870/j.cnki.stbcxb.2019.04.030

[40] H. X. Li, Y. F. Cheng, J. X. Feng, G. L. Fu, G. L. Liu, P. Liu, H. Ren, H. Z. Wang, B. Zhao and G. Li, «Effects of tillage methods on photosynthetic performance of different functional leaf groups of summer maize in coastal saline-alkali farmland», *Photosynthetica,* vol. 62, no. 4, pp. 339–350, 2024. https://doi.org/10.32615/ps.2024.037

[41] Z Halidou, Z. Hamidou, Contribution du niébé et des fumures organiques et minérales à la nutrition azotée et aux rendements du mil dans les systèmes de cultures en zone sahélo-soudanienne au Niger. Thèse de Doctorat en développement rural, Université Nazi Boni, Burkina Faso, 128p, 2017.

[42] R. Lahmar, B.A. Bationo, N. Dan Lamso, Y. Guéro and P. Tittonell, «Tailoring Conservation Agriculture Technologies to West Africa Semi-Arid Zones: Building on Traditional Local Practices for Soil Restoration» *Field Crops Research,* vol. 132, pp. 158-167. 2012. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.09.013.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 814-824
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Processus dynamique du paysage de Bombo Lumene: Tendance, évolution et régénération naturelle de la forêt (RD Congo)

[Process dynamic of Bombo Lumene landscape: Tendency, evolution and forest natural regeneration (RD Congo)]

C.E. Makumbelo

Faculté des Sciences agronomiques et Environnement, Université du Kwango, BP. 41 Kinshasa 1, RD Congo

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

ABSTRACT: Climate change, demography increase and human activity drive at transformation of landscape ancient forest of Congo pool. This dynamic that know system ecology of different organizations levels are at basis of heterogeneity of this landscape. The literature point to Geographic Information System produce result of right quality in this domain. Data of floristic inventory draw up at edge forest-herbaceous formation of Bombo Lumene eco-complex system tested by Model LIFOSA-17 revealed a tendency in favor of forest, evolution of settlement complexity towards forest conditions and forest natural regeneration. Lasting management will' allow a return at state of reference initial of this forest.

KEYWORDS: LIFOSA-17, landscape, forestation, Congo pool.

RESUME: Le changement climatique, l'accroissement démographique et l'activité humaine ont poussé à une transformation du paysage de l'ancienne forêt du bassin du Congo. Cette dynamique que connaissent les systèmes écologiques, de différents niveaux d'organisation, est à la base du renforcement de l'hétérogénéité de ce paysage. La littérature montre que le Système d'Information Géographique produit des données de bon niveau dans ce domaine. Les données des inventaires floristiques menés à la lisière forêt-formation herbacée du système éco-complexe de Bombo Lumene analysées par le Modèle LIFOSA-17 ont révélé une tendance en faveur de la forêt, une évolution de la complexité des habitats herbacés vers celles de la forêt et une régénération naturelle de la forêt. Une gestion durable permettra le retour à l'état de référence initial de cette forêt.

MOTS-CLEFS: LIFOSA-17, paysage, afforestation, bassin du Congo.

1 INTRODUCTION

La forêt est l'une des ressources naturelles qu'il faut préserver si l'on se préoccupe du développement durable. Cependant les conditions socio-économiques dans lesquelles vivent les populations des pays du Sud ont influencé qu'elle devient, à ces jours, incapable de produire suffisamment des services écosystémiques attendus [1]. En plus d'un cas, la forêt est réduite en un paysage très fragmenté. Le paysage est devenu alors le niveau d'organisation écologique le plus rencontré à travers le continent.

La dégradation des écosystèmes forestiers constitue une des causes de la réduction de la biodiversité. Si, au niveau global les pertes forestières pour la période 2005-2010 étaient estimées à 0,14% par an, en Afrique de l'Ouest, seulement, elles ont atteint 0,46% [2]. En plus de cela, il faut reconnaitre que les effets nocifs du changement climatique que ces pertes entrainent et de l'accroissement de la population que connait le continent, en eux seuls sont à la base, comme prouvés au Bénin [3], des multiples problèmes pour la biodiversité et les sociétés humaines. Seule une bonne dynamique de la forêt peut procurer des solutions durables. C'est en cela que le souci de trouver des approches adaptées pour étudier le paysage et pour restaurer la forêt se présente comme un des défis pour la recherche.

La dynamique de la biocénose est une transformation spatiotemporelle de celle-ci induite soit par une variation des facteurs écologiques, soit par une perturbation qui provoque l'apparition d'une série des successions partant du climax ou tendant vers ce dernier [4]. Elle est perçue soit par sa tendance en faveur d'un type d'écosystème particulier soit par une évolution continue de la complexité vers un niveau plus différent soit encore par l'explication des mouvements des corps par des forces qui s'y appliquent [5], [6].

Ces aspects de la dynamique façonnent un paysage suite à des modifications des conditions écologiques particulièrement par les activités humaines qui créent à partir de la forêt, avec le temps, un système éco-complexe très hétérogène de niveau supérieur à l'écosystème. Les différents sous-systèmes de ce paysage se jouxtent et permettent une percolation et une conquête des espèces pionnières vers les espaces vides des habitats perturbés [4]. Ces habitats sont généralement la formation herbacée (FH), l'écotone proche de la FH (EcoFH), l'écotone proche de la forêt (EcoF). C'est-à-dire les habitats herbacés que comprend la lisière [6].

Il est attesté que le SIG produit des résultats de haut niveau dans ce domaine [7]. Cette publication se veut une contribution à l'étude de la dynamique du paysage. Elle l'analyse à la lisière forêt-formation herbacée en recourant aux inventaires floristiques et aux appliquées du Modèle LIFOSA-17 telles que déjà appliquées lors des études [8] et [9].

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 PRESENTATION DU MILIEU

Bombo Lumene est situé à la périphérie de Kinshasa. C'est un Domaine et Réserve de chasse classé, en RD Congo pour l'exploitation touristique et la lutte contre la déforestation [6]. Malheureusement, la dégradation de la forêt naturelle qui portait de hauts arbres de cette région commencée en 1950 [10] a rendu ce site, aujourd'hui, un paysage très convoité pour la satisfaction des besoins de la population urbaine.

2.2 DISPOSITIF EXPERIMENTAL ET COLLECTE DES DONNEES

L'échantillonnage, le mode de collecte des données et les données récoltées sont ceux déjà décrits [6], [9].

2.3 TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES

Les données concernées sont celles de toutes les deux séries d'inventaires (inventaires " initiaux" soit inventaires 1 et les inventaires "de recrutement" soit inventaires 2).

Pour leur traitement et analyse, ces données sont regroupées en deux groupes suivants:

2.3.1 CARACTÉRISTIQUES ÉCOLOGIQUES DES ESPÈCES DE LA BIOCÉNOSE

En plus des celles déjà décrites [9], les pourcentages des individus des espèces recensées ont été repris en fonction de la strate qu'ils occupent. Il s'agit de la: strate herbacée (h) = plantules des ligneux, fougères et hémicryptophytes (hauteur: ≤ 0,4 m), strate arbustive inférieure (a2) = Nanophanérophytes (hauteur (hauteur: > 0,4 m à 4 m) et state arbustive et plus (a1) (≥ a1) = arbuste supérieur et au-delà.

Les pourcentages sont calculés par série d'inventaire (1 ou 2). Pour les inventaires 1, ceux (%) d'individus d'arbres et arbustes des habitats herbacés ont été calculés par le rapport du nombre d'individus des espèces de l'habitat par le nombre total d'individus des espèces du bloc. Ceux des herbes et lianes est le rapport du nombre d'individus des herbes ou des lianes par le nombre total respectif d'individus des espèces de l'habitat. Pour les inventaires 2, c'est le rapport du nombre des semis et petites tiges de l'espèce par rapport au total de l'habitat. Le signe + marque les espèces (liane ou herbe) représentées par un nombre très élevé des tiges. Les espèces qui ne sont pas marquées (% ou +) sont celles qui ne sont présentes que dans l'habitat forêt (soit BF soit GF) non repris dans les habitats herbacés concernées dans le présent travail.

2.3.2 DIFFERENDS ASPECTS DE LA DYNAMIQUE

La tendance de la dynamique, l'évolution des habitats herbacés et la dynamique de la régénération ont été analysées et interprétées, comme mentionnées dans les lignes qui précèdent, par trois applications du Modèle LIFOSA-17 [8] et [9].

3 RESULTATS

3.1 TENDANCE DE LA DYNAMIQUE

3.1.1 DENSITE DES INDIVIDUS DE DIFFERENTES ESPECES

Le Tableau 1 reprend les densités des individus des espèces de la forêt et de la Formation herbacée récoltées lors de différents inventaires.

Tableau 1. Densité des espèces de la forêt et de la formation herbacée dans les habitats herbacés lors de l'inventaire de base et de recrutement

Types d'inventaires	Desp Fs	Desp FH
Inventaires de base	6462,2	5217, 7
Inventaires de recrutement	8017,7	3075,5

Légende: DespFs = densité d'individus des espèces de la forêt, Desp FH = densité d'individus des espèces de la forêt.

Le Tableau 1 montre que les densités des individus des espèces de la forêt restent très élevées par rapport à celles des espèces de la Formation herbacée tant aux inventaires de base qu'aux inventaires de recrutement.

3.1.2 TYPES MORPHOLOGIQUES ET HABITATS

La Figure 1 reprend les Types morphologiques et habitats des espèces recensées.

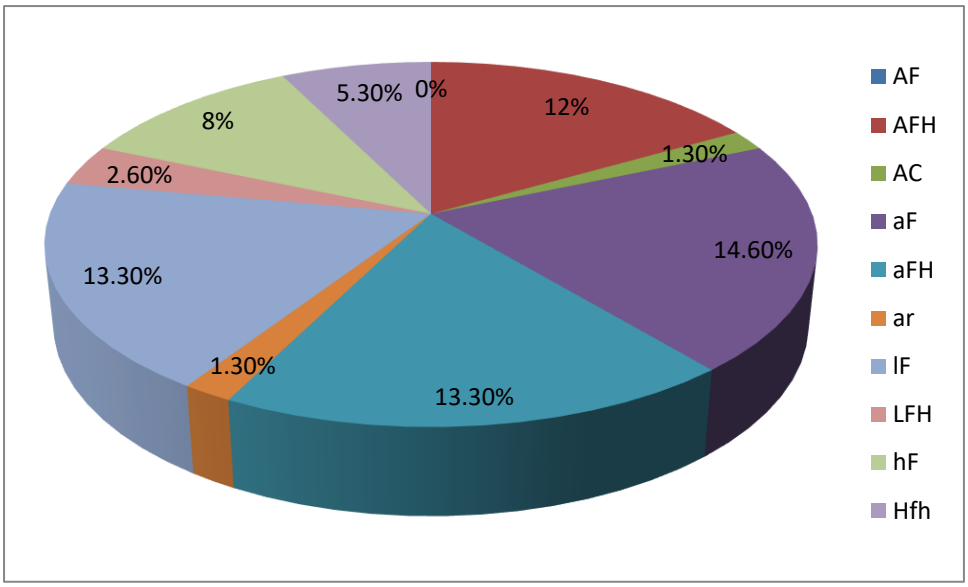


Fig. 1. Types morphologiques et habitats des individus d'espèces recensées

La lecture de cette Figure 1 révèle un pourcentage supérieur (47%) des arbres et arbustes de la forêt à ceux de la Formation herbacée. Ce dernier est suivi des lianes (19%).

3.1.3 TYPES BIOLOGIQUES

La Figure 2 regroupe les résultats sur les Types biologiques des espèces recensées.

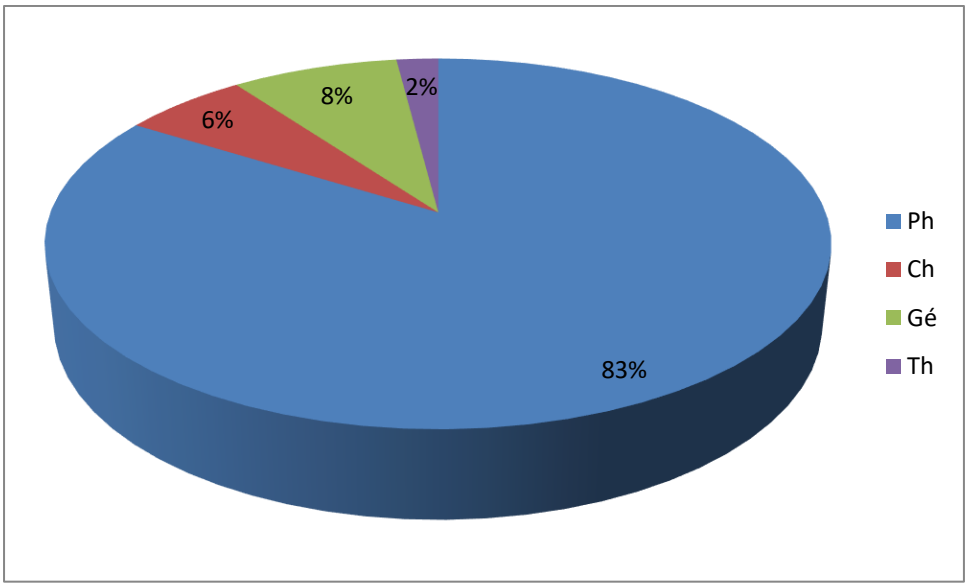


Fig. 2. Types biologiques des espèces inventoriées

De cette Figure 2, il ressort que plus de 80% d'espèces sont des Phanérophytes.

3.1.4 TYPES DE GRANDEURS FOLIAIRES

La Figure 3 représente les pourcentages de surface foliaire des espèces recensées.

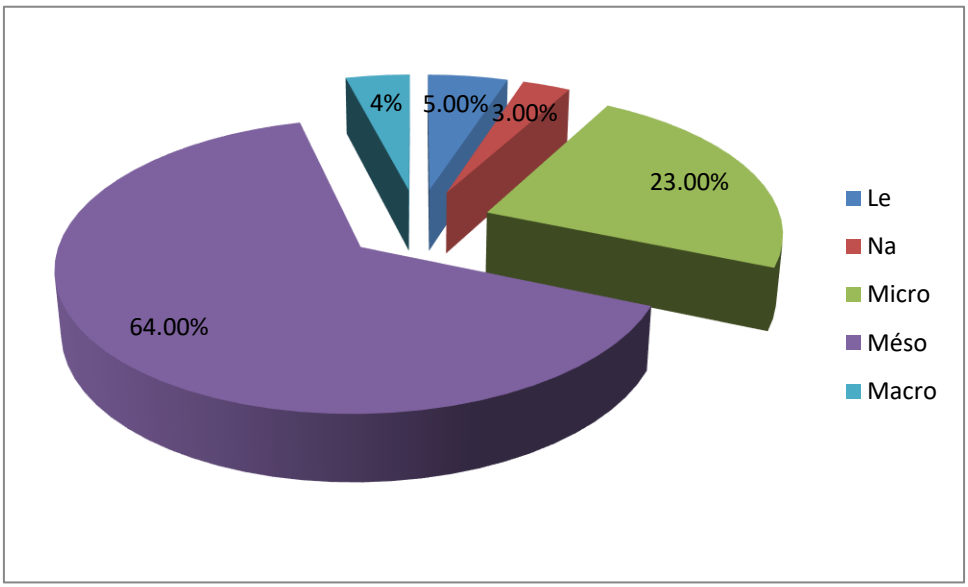


Fig. 3. Types de grandeur foliaire

De l'analyse de la Figure (3) des Types des dimensions foliaires, il ressort que 64% d'espèces sont des Types Mésophylles et 23% des Microphylles.

3.1.5 TYPES ET MODES DE DISSEMINATION DES DIASPORES

La Figure 4 restitue les pourcentages des Types et modes de dissémination des diaspores.

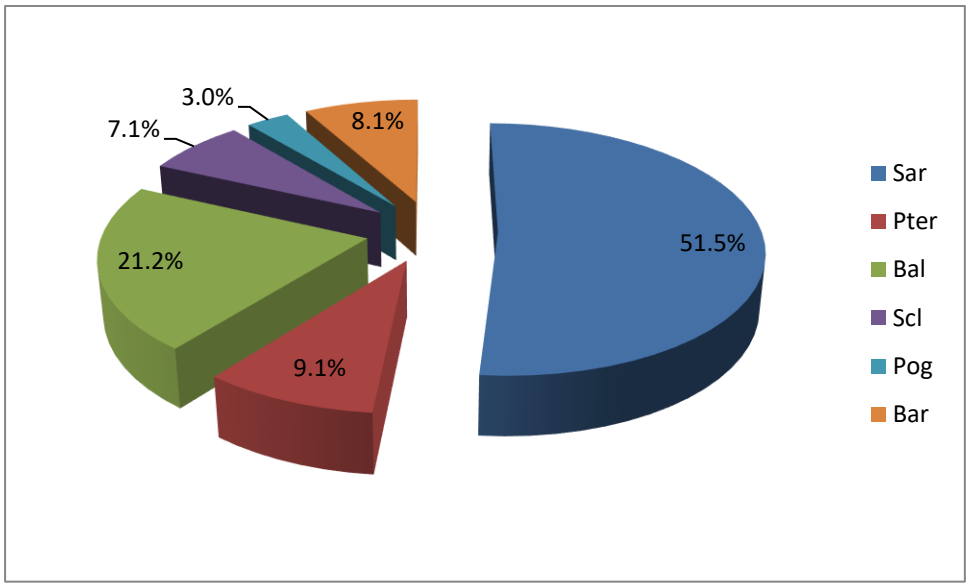


Fig. 4. Types et modes de dissémination des diaspores

La Figure 4 révèle que les Types Sarcochore et Ballochore sont les plus représentés, respectivement, avec 51% et 21%.

3.2 EVOLUTION DES HABITATS HERBACEES

3.2.1 TAILLE DES INDIVIDUS ET HABITATS DES ESPECES RECENSEES

Les espèces inventoriées, la taille de leurs individus et les habitats où ces derniers étaient trouvés sont repris au Tableau 2.

Tableau 2. Taille des individus des espèces et habitats où ils sont recensés

Familles botaniques	Espèces recensées	Ti	Stratification								
			FH			EcoFH			EcoF		
			h	a2	≥a1	h	a2	≥a1	h	a2	≥a1
Acanthaceae	*Thomandersia butayei* de Wild.	1									
		2							0,62		
	Pseudospondiasmicrocarpa (A.Rich) Engl. *	1									
		2									
Anacardiaceae	*Lannea antiscorbutica* (Hiern) Engl.	1	0,5		0,2		1,1	2,4	0,2	3,3	
		2	1,19			2,28			4,70		
Anisophyllaceae	*Anisophyllea quangensis Engl.* Ex. Henriques	1									
		2	5,95								
Annonaceae	*Annona senegalensis* Pers. Subsp. outrotricha Le Thomas.	1	7,5	2,9	1,3	1,3				0,2	
		2	3,57			6,16			2,50		
	Uvaria scabrida Oliv. *	1									
		2									
	Xylopia aethiopica (Dunal) A. Rich.	1									
		2	0,89			0,44			0,62		
Apocynaceae	*Baissea exillaris(Benth.)*Hua *	1									
		2									
	Landolphia camptoloba (K.Schum.) Pichon.	1	26,3			12,5			5,4		
		2	76,9			47,6					
	L. lanceolata (K.Schum) Pichon.	1	52,6								
		2									
	L.owarensis P. Beauv.*	1									

		2									
	L. parvifolia K.Schum.	1	65,7						27,0		
		2	23,0								
	Rauvolfia mannii Stapf. *	1									
		2									
	R. nana E.A.Bruce *	1									
		2									
	R. vomitoria Afzel*	1									
		2									
Asteraceae	*Vernonia potamophila* Klatt.	1	100			100			9,0		
		2									
	Chromolaena odorata (L) R.King&H.Robinson	1		1,6		6,9			1,3		
		2				39,6			6,26		
Arecaceae	*Elaeis guineensis*jacq.	1								0,2	
		2									
	Eremospathahaullevilleana De Will.	1									
		2							83,3		
Bignoniaceae	*Markhamia tomentosa* (Benth.) K.Schum.	1									
		2							2,19		
Clusiaceae	*Allanblackia floribunda* Oliv. *	1									
		2									
	Garcinia huillensis Welw. ex Oliv.	1		0,5							
		2									
	Harungana madagascariensis Lam.exPoir *	1									
		2									
	Psorospermum febrifugum Spach.	1	0,1	0,1	0,3						
		2	8,63			6,16			0,31		
Combretaceae	*Combretum psidioides* Welw.	1	0,3	0,1		0,5	1,3				
		2									
	C. racemosum P.Beauv.	1				12,5			16,2		
		2									
Commelinaceae	*Palisota ambigua* (P.Beauv.) C.B.clarke	1									
		2							2,12		
Connaraceae	*Cnestis ferruginea* D.C.	1			87,5						40,5
		2									
	Rourea coccinea (Thonn.ex Schuma Ch.) Benth subsp. Coccinea var. viridis (Gilg.) Schellemb.(Syn. *Byrsocarpus viridis*) *	1									
		2									
Costaceae	*Costusafer*KerGawl.	1									
		2				0,82					
Cyperaceae	*Cyperus mapanioides* C.B. clarke	1							90,9		
		2									
Dilleniaceae	*Tetracera poggei* Gilg.	1				50,0	12,5			8,1	
		2	0,89			6,34					
Dracaenaceae	*Dracaena mannii* Baker syn. *D. nitens* Welv.ex. Bak.	1							1,1	1,1	
		2	0,89								
Euphorbiaceae	*Alchornea cordifolia* (Schumach & Thonn) Mull.Arg.	1				1,2	0,4		3,8		
		2	7,44			1,76			3,44		
	Chaetocarpus africanus Pax.	1							0,2		
		2							0,62		
	Macaranga monandra Mull.Arg.	1				0,44			0,2		

		2									
	Maprounea africana Miill. Arg.	1	0,1	1,6		0,5	0,2		0,8	0,2	
		2	1,78			2,28					
	M. membranaceae Pax.&K.Hoffm.*	1									
		2									
	Sclerocroton cornutus Bax.	1	0,3	0,8		0,5	2,7		7,4	9,6	1,1
		2	4,46			14,5			15,3		
	Uapaca sansibarica Pax.	1									
		2	1,19			3,08					
Fabaceae	*Albizia adianthifolia* (Schumach.) W.F.Wight.var. adianthifolia	1		1,1		2,7	0,8		1,1	2,2	0,7
		2	3,57			3,0			0,62		
	Berlinia bruneelii (De Wild.) Torre &Hillc. Var. bruneelii (De Wild.) Haman *	1									
		2									
	B. giorgii De Wild. var. gilletii (De Wild.) Hauman	1	5,5	1,5	3,3	3,3	1,6	5,4	2,7	1,9	5,7
		2	11,9			3,08			1,25		
	Brachystegia wangemeeana De Wild.*	1									
		2									
	Dalbergia pachycarpa (De Wild. &T.Durand) ulbrich. ex De Wild	1								8,1	
		2									
	Dialium englerianum Henriques	1	1,6	0,8	0,3	0,2	0,5	0,2			0,4
		2	2,97			1,3			0,31		
	Dichrostachys cinera (L.) Wight &Arn. subsp. PlatycurpaWelw.	1	0,5					0,2			
		2	2,08						1,25		
	Dioclea reflexa Hook.f.*	1									
		2									
	Hymenostegia floribunda (Benth.) Harms.*	1									
		2									
	Guibourtia demeusei (Harms) J.Léonard	1							1,25		
		2									
	Leptoderris congolensis (De Wild.) Dun.	1				12,5					
		2							0,31		
	Millettia drastica Welw.ex Baker	1	0,1							1,1	
		2							0,94		
	M .comosa (Mich)*	1									
		2									
	M. laurentii De Wild.	1		0,8		0,5	1,6		1,3	0,8	0,8
		2							5,01		
	M. theuszii (Biitn) De Wild.	1									
		2							1,25		
	M/ versicolor Welw.&Baker *	1									
		2									
	Pentaclethra eetveldeana De Wild.&T.Durand	1	0,3	0,5		1,1	0,5		6,6	2,7	1,8
		2							12,2		
Gentianaceae	*Anthocleista schweinfurthii* Gilg.	1		2,8			0,2				
		2									
Gnetaceae	*Gnetum africanum* Welw. *	1									
Hypolepidaceae	*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn subsp. aquilinum	1	+			+			+	+	
		2									
	Pteridium aquilinum (L.) Kuhn subsp. centrali-africanum Hiern.	1				+					
		2									
Lamiaceae	*Clerrodendrumsplendens* G.Don*	1									

		2									
	Vitex ferruginea Schumach.&Thonn.	1	0,8			0,8	0,5				
		2							0,9		
	V. madiensis Oliv.	1					0,8				
		2							0,31		
Laranthaceae	*Phragmantheracapitata* (Spreng.) Balle	1				0,2			1,1		
		2									
Loganiaceae	*Strychnos cocculoides* Baker	1	0,5	0,5		0,5		0,2			1,1
		2							0,31		
	S.pungens Solered	1		1,1							
		2									
	S. variabilis De Wild.	1									
		2							1,88		
Marantaceae	*Hypselodelphys scandens* Louis & Mullenders *	1									
		2									
Meliaceae	*Trichilia gilletti* De Wild.	1									
		2									
Myrtaceae	*Syzygium guineense* (Willd.) DC. subsp.guineense	1	0,3	0,1					1,6		8,5
		2							0,31		
Nephrolepidaceae	*Nephrolepsis undulate* (Afr. ex.Sw.) J.Sm.	1									
		2							0,15		
Olacaceae	*Olax subscorpioidea*Oliv.	1					0,5				
		2							0,31		
Ochnaceae	*Ochna afzelii* R.Br. ex Oliv.	1		0,8		0,5	1,6		1,3	0,8	0,8
		2							0,62		
	Rhabdophyllumarnoldianum (De Will.&T.Dund) van Tiegh	1									
		2							1,25		
Passifloraceae	*Paropsia brazzeana* Baill.	1	1,3	11,5		3,0	11,6	1,3	2,2	6,3	
		2									
Phyllanthaceae	*Bridelia ferruginea* Benth.	1	1,0	0,6			0,5	0,5	1,1	0,2	
		2									
	B. micrantha (Hochst) Baill.	1	0,3								
		2									
	*Hymenocardiaacida*Tul.	1	8,8	12,7	3,0	6,9	6,0	1,8	0,8	1,1	3,9
		2							3,44		
	H. ulmoides Oliv.	1	1,1	0,8		0,5	0,2	0,5	2,4	8,5	0,2
		2							6,58		
	Maesobotrya vermeulenii (De Wild.) J. Leonard.*	1									
		2									
	Uapaca sansibaraca Pax	1	14,7	0,3	0,5	7,1	4,4	2,2			1,9
		2									
Poaceae	*Megastachya mucronata* (Poir.) P. Beauv.	1									
		2	100			99,1			4,24		
Polygalaceae	*Securidaca longepedunculata* Fresen var. longepedunculata	1	0,1	0,5							
		2									
Rhamnaceae	*Maesopsis eminii* Engl.*	1									
		2									
Rubiaceae	*Craterispermumlaurimum* (Poir) Benth.*	1									
		2									
	Gaertnera paniculata Benth.	1	0,1	0,8					0,2	1,1	0,8
		2	5,05			2,6			12,5		

	Geophila renaris De Wild. & Th. Dur	1									
		2							63,8		
	Grossopteryx febrifuga (Afzel.exG.Don) Benth.	1	0,3	0,1							
		2									
	Leptactina leopoldi-secundi Buttner	1	0,6			1,9					
		2									
	Leptactina liebrechtsiana De Wild. & T.Durand var. liebrechtsiana	1				0,8	0,2				
		2	2,38			4,10					
	Pauridiantha callicarpoides (Hiern.) Bremek.	1							1,1		
		2							0,31		
	Rothmannia lejoie (De Wild.) Keay	1									
		2							1,25		
Salicaceae	*Caloncoba welwitschii* (Oliv.) Gilg. syn. *Oncoba welwitschii*	1					0,2		1,1	0,2	0,5
		2	0,29			3,52			3,44		
Sapindaceae	*Allophylusafricanus*P.Beauv.	1									
		2				3,5			0,94		
Smilacaceae	*Smilax anceps* Wild.	1									
		2				4,76			1,25		
Sapotaceae	*Manilkara adolphi-friederi* (Engl.&Kr.) H.J.Lam.*	1									
		2									
Zingiberaceae	*Aframomum alboviolaceum* (Ridley) K.Schum.	1	+			+			+		
		2									
	Aframomum angustifolium (Sonnerat) K.Schum.	1				+					
		2									
Total: 36	98 espèces										

*Légende: Habitats herbacés: FH = Formation herbacée, EcoFH = Ecotone proche de la FH, EcoF = Ecotone proche de la Forêt; Type d'inventaire (Ti): 1 = inventaires de base, 2 = inventaires de recrutement, Stratification: strate herbacée (h) = plantules des ligneux, fougères et hémicryptophytes (hauteur: ≤ 0,4 m), strate arbustive inférieure (a2) = Nanophanérophytes (hauteur: > 0,4 m à 4 m) et state arbustive et plus (≥ a1) = arbuste supérieur et au-delà. Marquage (+) = espèce présente par grand nombre des tiges; Espèce: * = espèces non représentées dans les habitats herbacés.*

La lecture du Tableau 2 montre que les individus d'espèces de la forêt sont très représentés dans les différentes strates des trois habitats herbacés. Ceux des *Lannea antiscorbutica, Alchornea cordifolia, Sclerocroton cornutus, Berlinia giorgii, Millettia laurentii, Pentaclethra eetveldeana, Vitex ferruginea, Hymenocardia ulmoides, Uapaca sansibaraca, Gaertnera paniculata, Caloncoba welwitschii*sont les plus recensés tant à la première qu'à la deuxième série d'inventaire. Les individus des quelques espèces ne sont recensés qu'à la deuxième série. Il s'agit notamment de *Baissea axillaris, Berlinia bruneelii, Brachystegia wangemeeana, Clerrodendrum spendens, Costus afer, Xylopia aethiopica.* Ce sont des semis et petites tiges.

3.2.2 GROUPES DES CLASSES FONCTIONNELLES DE L'EVOLUTION A TRAVERS LES HABITATS DE LA LISIERE

De ce Tableau 2, il ressort qu'il y a des espèces qui constituent des groupes des classes fonctionnelles de l'évolution dont les individus sont recensés lors des deux séries d'inventaire. Il s'agit notamment: - Pour l'EcoF: de *Lannea antiscorbutica, Landolphia camptoloba, Eremospatha haullevilleana, Tetracera poggei, Sclerocroton cornutus, Albizia adianthifolia, Berlinia giorgii, Millettia laurentii, Pentaclethra eetveldeana, Hymenocardia ulmoides, Gaertnera paniculata, Caloncoba welwitschii.* - Pour l'EcoS: de *Lannea antiscorbutica, Tetracera poggei, Alchornea cordifolia, Sclerocroton cornutus, Uapaca sansibarica et Berlinia giorgii*s ont les espèces les plus représentées dans le groupe fonctionnel. - Pour la FH (Sav): *Annona senegalensis, Psorospermum febrifugum, Maprounea africana, Dialium englerianum, Dichrostachys cinera, Struchnos cocculoides, Paropsia brazzeana, Bridelia ferruginea, Hymenocardia acida, Smilax anceps.*

3.3 DYNAMIQUE DE LA REGENERATION NATURELLE

3.3.1 SENS STATIQUE DE LA REGENERATION NATURELLE

Le Tableau 2 montre que les semis et jeunes pousses des espèces de la forêt sont plus abondants et sont présents dans toutes les strates des habitats herbacés de la lisière.

3.3.2 SENS DYNAMIQUE DE LA REGENERATION NATURELLE DE LA FORET

La présence des individus de ces espèces dans les trois strates des trois habitats herbacés témoigne la réalisation des processus (Conquête, Présence des Pré-existants, Croissance de ces espèces et l'Action humaine de conservation dans les biotopes herbacées de ce paysage) de reconstitution de la forêt.

4 DISCUSSION

Les caractéristiques intrinsèques et autoécologiques des éléments de la structure et du fonctionnement de cet éco-paysage (la densité des espèces de la Forêt supérieure par rapport à celle des espèces de le Formation herbacée; 47% des Types morphologiques sont des arbres et arbustes de la forêt; 80% d'espèces sont des Phanérophytes; 64% d'espèces sont de Types Mésophylles et 5% sont des Sarcochores) révèlent une tendance de la dynamique émergente, à l'échelle spatiotemporelle, en faveur de la formation herbacée. La lisière forêt-Formation herbacée de Bombo Lumene étant très hétérogène et très poreuse, une percolation des espèces de la forêt s'observe dans les habitats herbacés. Ces résultats corroborent ceux interprétés par les indices [11] et par le Modèle LIFOSA-17C [8], [9].

Cette tendance est attestée par la transformation progressive de la complexité des conditions écologiques de la formation herbacée vers celle de la forêt. En effet, les conditions écologiques des habitats herbacés se transforment de façon continue vers une complexité de la forêt par la migration de nombreuses espèces de la forêt. Parmi celles-ci, il y a notamment *Berlinia giorgii, Millettia laurentii, Pentaclethra eetveldeana, Hymenocardia ulmoides, Gaertnera paniculata, Caloncoba welwitschii* qui sont la révélation de l'Ecotone proche de la Forêt. *Lannea antiscorbutica, Tetracera poggei, Alchornea cordifolia, Sclerocroton cornutus, Uapaca sansibarica et Berlinia giorgii* constituent les espèces les plus représentées dans le groupe des classes fonctionnelles de l'évolution à l'Ecotone proche de la Formation herbacée. *Annona senegalensis, Psorospermum febrifugum, Maprounea africana, Dialium englerianum, Dichrostachys cinera, Struchnos cocculoides, Paropsia brazzeana, Bridelia ferruginea, Hymenocardia acida, Smilax anceps* sont les espèces du groupe des classes d'évolution inventoriées à la Formation herbacée. Ces résultats corroborent ceux qui, à l'issue des inventaires floristiques ont été analysés et interprétés par modélisation [6], [9], ceux qui ont été étudiés par des indices [11] et ceux qui, plusieurs années avant, l'ont été par SIG sur ce même paysage [12]. Ils ne s'éloignent pas de ceux de [13] à Ibi, site proche de celui-ci. Cette évolution fait avancer la lisière vers la Formation herbacée et élargie, de fait, l'étendue homogène de la forêt.

Ces résultats confirment aussi la régénération naturelle de la forêt à Bombo Lumene. Le sens statique de cette dernière, exprimé en densité, révèle une quantité importante des semis et petites tiges recensée lors des inventaires de recrutement.

Ce sens statique est attesté par la présence de ces semis et jeunes pousses et des Péexistants dans les différentes strates des habitats herbacés révèle le sens dynamique de la régénération en ce sens que les quatre processus majeurs (Conquête, Présence des Pré-existants, Croissance et Action anthropique) qui permettent d'habitude au paysage le retour à l'état de référence initial d'une forêt homogène et naturelle sont maintenus. Ces résultats corroborent les conclusions antérieures sur ce paysage [14]. Ils rassurent en même temps la diminution de l'hétérogénéité, de l'abondance des écosystèmes et confirment que la création des corridors forestiers suivie d'une homogénéité des conditions de la forêt dans ce paysage sont possibles si une gestion durable, conformément aux objectifs de ce site est assurée par les différents usagers.

L'interprétation profonde de ces résultats tirés d'une aire protégée dont les ressources sont très convoitées permet une extrapolation et une projection selon lesquelles " le retour à l'état de référence de la forêt de l'ensemble du bassin du Congo serait possible si la population vivant de la forêt dans les différents pays du bassin prend conscience qu'il faut bien gérer les ressources forestières dont dépend toute leur vie."

5 CONCLUSION

Une étude écologique sur la dynamique de la forêt a été conduite à Bombo Lumene. L'analyse et l'interprétation des résultats par LIFOSA-17 à l'issue des inventaires floristiques ont confirmé la dynamique forestière de ce système éco-complexe. Elle a montré une tendance de sa dynamique en faveur de la forêt, une évolution de ses habitats herbacés vers la complexité de la forêt et une régénération naturelle de la forêt. Ce qui a permis une extrapolation et une projection selon lesquelles la gestion durable diminuera l'hétérogénéité et le nombre des écosystèmes de ce paysage en faveur des conditions écologiques et floristiques des anciennes forêts du bassin du Congo.

REMERCIEMENTS

Merci aussi à monsieur Landu L. qui n'a cessé de faire partie de l'équipe de terrain.

REFERENCES

[1] S. Waselin, Y. Useni Sikuzari, M. Akwoa T.K., Yao Sadaiou S. barima, J. Karl Hermane, J. Marie Teodat, J. Bogaert « Dynamique paysagère du Parc National Naturel de la Forêt des Pins en Haiti (1973-2018)», Tropicultura [En ligne], Vol. 39, n°2, 2021, Doi: 10.25518/2295-8010.183. URL: https://popups. Uliege.be/2295-8010/index. php ? id: 1831.

[2] Hamidou ABDOURHAMANE, Boubé MOROU, Habou RABLOU, Ali MAHAMANE «Caractéristiques floristiques, diversité et structure de la végétation ligneuse dans le centre-Sud du Niger: Cas du complexe des forêts classées de Dan Kada Dodo-Da Gabo», International Journal of Biological and Chemical Sciences, Vol.7, N°3, pp 1048-1068, 2013. DOI: http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i3.13.

[3] Attingu A.H., Vissin E.W., AhouansouMontchoS., Zinsou L.H., Laleye P. « Perceptions endogènes de l'influence des changements climatiques sur la pêche dans la basse vallée de l'Ouémé (Sud Bénin)», International Journal of Biological and Chemical Sciences, Vol.10, N°5, pp 1998-2014, 2016, DOI: http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i5.5.

[4] Ramade F.: Dictionnaire encyclopédique des Sciences de la nature et de la biodiversité Ed. DUNOD. Paris, 2008.

[5] Frontier S., Pichod-Vale D., Leprêtre A., Davout D., Luczak Ch.: Ecosystèmes Structures, Fonctionnement, Evolution (4ème ed). Dunod. Paris, 2008.

[6] Makumbelo E., Lukoki L., BelesiK., Lungiambudila M., Lejoly J. «Valorisation de la lisière forêt-savane: régénération naturelle de la forêt dans la savane – (1) – Caractéristiques générales et Evolution à BomboLumene (R.D.Congo)», Congo Sciences, Vol.8, N°2, pp 126-134, 2020, [En ligne]. Online journal International journal en ligne de l'ACASTI et de CEDESURK ACASTI and CEDESURK, http://www.congosciences. cd.

[7] Lenoir J. «Ecologie du paysage», Sd [En ligne], cnrsedysan Université de Picarde http://www.u -picardie. fr / edysan /, 52 p, Sd.

[8] Makumbelo C.E. «Analyse du mouvement spatiotemporel à la lisière forêt-formation herbacée: Evolution et régénération naturelle de la forêt au paysage de Bombo Lumene (Kinshasa-RDC), International Journal of Innovation and Applied Studies», Sous presse.

[9] Makumbelo E., Lukoki L., Belesi K., Lungiambudila M. « Dynamique de la biocénose à la lisière forêt-formation herbacée des espèces recensées à Bombo Lumene (RD Congo) II», International Journal of Biological and Chemical Sciences, Vol.17, N°4, pp 1672-1683, 2023, DOI: https://dx.doi-org/10.4314/ijbcs.v17i4.30.

[10] Pain M.: Kinshasa la ville et la cité, Institut Français de Recherche scientifique pour le développement et coopération Ed. de l'ORSTOM, Collection Mémoire, n°105, Paris, 1984.

[11] Makumbelo E, Lukoki L, Belesi K, Lungiambudila O. «Etude de la dynamique de la biocénose par différents indices: caractéristiques écologiques, évolution et régénération naturelle de la forêt à BomboLumene (RD. Congo)», International Journal of Biological and Chemical Sciences, Vol. 17, N°4 pp 1541-1556, 2023, DOI: https://dx.doi-org/10.4314/ijbcs.v17i4.20.

[12] Muyaya B.K., Rudant J.P., Lumuenamo R., Beland M., Riera B. « Dynamique spatiale du domaine de chasse et réserve de Bombo Lumene entre 2000 et 2015 par imagerie satellitaire optique», International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol.18, N° 2, pp 559-568, 2016, ISSN: 2028-9324.

[13] Lubalega T.: Evolution naturelle des savanes mises en défens à Ibi village sur le plateau de Bateke en RD Congo. Thèse de doctorat, Université de Kinshasa (RD Congo), Faculté des Sciences agronomiques, Kinshasa, 2016.

[14] Makumbelo E., Lukoki L., Belesi K., Lungiambudila O., Lejoly J. « Valorisation de la Lisière forêt-savane: Régénération naturelle de la forêt dans la formation herbacée – Stratification des plantes de la forêt à BomboLumene», International Journal of Biological and Chemical Sciences, Vol.13, N°7, pp 3378-3389, 2019, DOI: https://dx.doi.org/10.4314//ijbcs.v13i7.32.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 825-836
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Les logiques d'implantation universitaire en Côte d'Ivoire

[The rationale for university establishment in the Ivory Coast]

VOUNAH Gnahoré Jean and KOFFI Yéboué Stéphane Koissy

Département de Géographie, Université Peleforo GON COULIBALY, Korhogo, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The opening of higher education institutions is increasingly affecting major cities in Ivory Coast, and this has accelerated since the end of the 2010 post-election crisis. However, university location strategies suffer from weak integration with local economies and, at times, poorly planned urban redevelopment. The objective of this paper is to carry out a descriptive analysis of the logic of university establishment in Côte d'Ivoire. To achieve this, the data collection techniques are documentary research, direct observation, and interviews. The results obtained show, on the one hand, that three logics govern university establishment in the Ivory Coast; they are political, socioeconomic, and territorial in nature. On the other hand, the rapid massification of staff, the weak articulation with local economies and the sometimes poorly planned urban recomposition are major challenges to the establishment of universities in Ivory Coast.

KEYWORDS: location strategies, challenge, university, medium-sized city, Ivory Coast.

RESUME: L'ouverture des établissements d'enseignement supérieur touche de plus en plus les grandes villes de la Côte d'Ivoire, et cela s'est accéléré depuis la fin de la crise post-électorale de 2010. Cependant, les logiques d'implantation universitaire souffrent d'une faible articulation avec les économies locales et d'une recomposition urbaine parfois mal planifiée. L'objectif de ce papier est d'effectuer une analyse descriptive des logiques d'implantation universitaires en Côte d'Ivoire. Pour y parvenir, les techniques de collecte de données sont la recherche documentaire, l'observation directe et les entretiens. Les résultats obtenus montrent d'une part que trois logiques président à l'implantation universitaire en Côte d'Ivoire; elles sont d'ordre politique, socioéconomique et territorial. D'autre part, la massification rapide des effectifs, la faible articulation avec les économies locales et la recomposition urbaine parfois mal planifiée sont des défis majeurs de l'implantation universitaire en Côte d'Ivoire.

MOTS-CLEFS: logiques d'implantation, défi, université, ville moyenne, côte d'ivoire.

1 INTRODUCTION

L'enseignement supérieur occupe une place centrale dans les stratégies nationales de développement, particulièrement dans les pays africains confrontés à la croissance démographique, à la massification scolaire et à la nécessité de former un capital humain compétitif. L'implantation universitaire en Côte d'Ivoire s'inscrit dans un mouvement plus vaste: celui du passage progressif d'un modèle d'université monofonctionnelle à une université plurifonctionnelle [1]. L'organisation spatiale du système universitaire ivoirien a longtemps été marquée par une forte centralisation autour de l'université d'Abidjan, créée en 1964 et longtemps seule institution publique du pays. Cependant, à partir des années 1990, l'État ivoirien entame une réforme ambitieuse visant à régionaliser l'enseignement supérieur. Le début des années 1990 marquait déjà une autre manière de concevoir l'enseignement supérieur. En effet, ce temps devait être mis à profit par l'État ivoirien pour maîtriser le développement de l'université et poursuivre son ancrage effectif sur les réalités nationales et plus généralement, sur les

réalités africaines [2]. Ainsi, des essais d'adaptation aux réalités nationales et de réaménagement des programmes seront menés dans certaines facultés de l'université d'Abidjan en réponse aux exigences du développement. Des années plus tard, les autorités compétentes envisagent l'expansion des universités par la régionalisation de celles-ci. Ainsi, plusieurs régions seront dotées d'infrastructures universitaires en vue de rapprocher des apprenants de la formation adéquate. Cependant, cette réorganisation spatiale soulève une question clé: Quelles sont les logiques qui ont guidé l'implantation et la répartition des universités publiques en Côte d'Ivoire ?

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 MATERIELS

Le matériel utilisé pour la collecte des données est essentiellement composé d'un guide d'entretien, de fiches comportant une série de questions, d'un carnet de prise de notes et d'un appareil photographique pour les prises de vue.

2.2 LA COLLECTE DE DONNEES

L'étude adopte la démarche hypothético-déductive à travers la formulation de deux hypothèses de recherche. La première hypothèse est que les logiques d'implantation universitaires en Côte d'Ivoire sont hiérarchisées selon l'ordre politique, socioéconomique et territorial. Les variables concernées sont les logiques politiques; les logiques socioéconomiques et les logiques géographiques. La seconde hypothèse est que la faible intégration institutionnelle, économique et urbaine est liée à la massification rapide des effectifs, à la faible articulation avec les économies locales et aux recompositions urbaines parfois mal planifiées. Les variables sont l'évolution des effectifs universitaires, l'organisation socioéconomique des villes et la dynamique urbaine. Pour analyser les variables énumérées, divers matériels ont été utilisés pour la collecte des données. Ainsi, les techniques de collecte de données sont la recherche documentaire, l'observation directe et les entretiens. À partir d'une enquête à choix raisonnés, 6 villes universitaires ont été enquêtées à travers la Côte d'Ivoire selon les critères suivants: le territoire est une ville moyenne et un chef-lieu de région. Le guide d'entretien utilisé auprès des personnels universitaires visait à saisir l'historique, l'organisation et l'évolution des effectifs universitaires (étudiants et personnels). Les entretiens auprès de l'administration ont permis de comprendre la planification urbaine en matière d'implantation urbaine. Enfin, l'exploitation des rapports a permis de collecter les informations secondaires sur les universités ivoiriennes.

2.3 LE TRAITEMENT DES DONNEES

Les données collectées ont été traitées respectivement à l'aide des logiciels Word et Excel (version 2016) pour la rédaction du texte et la réalisation des tableaux statistiques. Les logiciels QGIS 3.12 ont servi à l'élaboration des cartes. Après le traitement des données, les résultats obtenus ont permis à l'étude de retracer d'une part les logiques d'implantation des établissements universitaires, et de relever les défis auxquels sont confrontés les pouvoirs publics d'autre part.

3 RESULTATS

3.1 LES LOGIQUES DE L'IMPLANTATION DES UNIVERSITES IVOIRIENNES

L'implantation universitaire en Côte d'Ivoire révèle un processus multiforme structuré par des logiques politiques orientées vers la consolidation de l'État, des logiques socio-économiques visant à stimuler le développement régional, et des logiques territoriales et géographiques liées à l'équilibre spatial et à l'accessibilité des services d'enseignement supérieur.

3.1.1 LES LOGISTIQUES POLITIQUES DE L'IMPLANTATION UNIVERSITAIRE

L'implantation des universités à l'intérieur du pays répond à une série d'orientations politiques visant à réorganiser le territoire national, à réduire les fractures régionales et à consolider l'État.

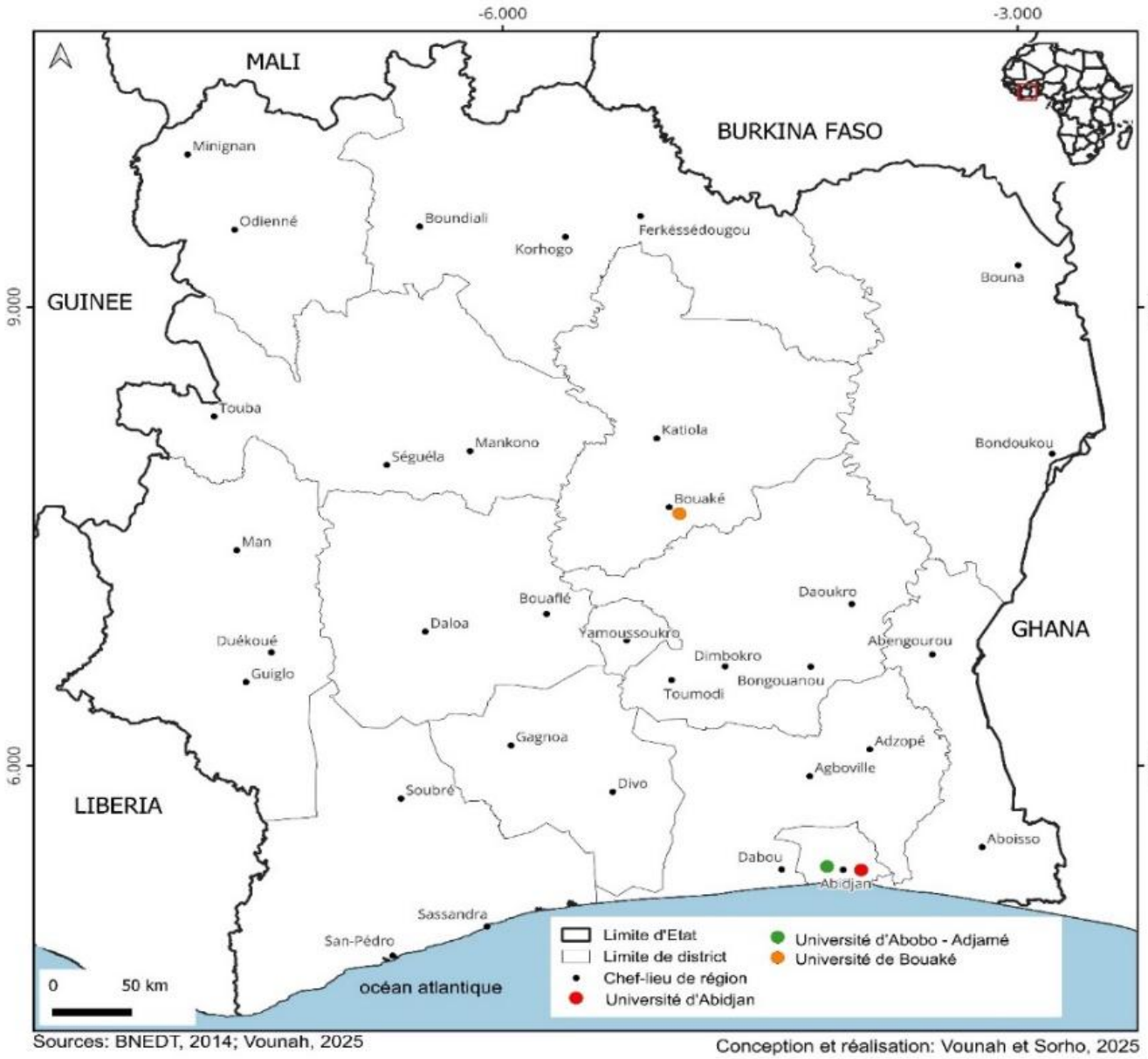


Fig. 1. Localisation des trois premières universités ivoiriennes

Trois dynamiques majeures permettent d'en saisir la cohérence: le désengagement progressif d'Abidjan comme centre unique de production du savoir, la consolidation de la cohésion nationale à travers la stabilisation territoriale, et la volonté de construire de nouvelles capitales régionales capables d'animer les pôles de développement.

Cette logique vise par ailleurs à le désengorgement d'Abidjan afin de réduire la surconcentration et rééquilibrer le système universitaire. Depuis l'indépendance, Abidjan a concentré l'essentiel des infrastructures universitaires, entraînant une hypercentralisation du système d'enseignement supérieur. À la fin des années 1990, plus de 90% des étudiants et 80 % des enseignants-chercheurs étaient regroupés dans la capitale économique. Cette concentration a généré:

- Des surcharges d'effectifs
- Une pression croissante sur les infrastructures urbaines (transports, logements, sécurité)
- Un déséquilibre territorial dans l'accès au savoir et aux opportunités universitaires.

Face à cette situation, l'État ivoirien adopte au début des années 2010 une stratégie volontariste de désengagement progressif, matérialisée par la création ou la réhabilitation d'universités à l'intérieur du pays: Daloa, Korhogo, Bouaké (reprofilé après la crise), Man, San Pedro et Bondoukou plus tard.

Ce choix permet une déconcentration fonctionnelle du système, une réduction de la pression sur Abidjan et la création de nouveaux pôles de formation pour mieux couvrir le territoire. Concernant l'équilibre territorial et la cohésion nationale, la crise politico-militaire (2002-2011) a profondément fragmenté l'espace national. Dans ce contexte, l'enseignement supérieur est perçu comme un instrument de reconstruction nationale. En effet, créer ou renforcer des universités à Daloa, Korhogo, Bouaké ou Man répond à trois objectifs politiques:

- Réaffirmer la présence de l'État dans les régions anciennement marginalisées ou instables: l'ouverture de l'Université Peleforo GON COULIBALY (UPGC) à Korhogo, par exemple, participe à la stabilisation d'une zone marquée par plusieurs années de tensions politiques.
- Favoriser l'intégration sociale et culturelle: les universités deviennent des espaces de mixité interrégionale accueillant des étudiants issus de toutes les régions et créant de nouvelles dynamiques de cohabitation urbaine et culturelle.
- Prévenir les fractures territoriales futures: l'implantation universitaire est pensée comme un facteur de pacification durable, les étudiants participant à la structuration sociale de la ville et à l'activité économique locale.

Les universités sont perçues comme instruments d'unité nationale. En effet, elles favorisent le regroupement d'étudiants de diverses régions, entraînent une socialisation politique et citoyenne et une consolidation de la présence de l'État après les tensions.

Ainsi l'enseignement supérieur ne joue pas uniquement un rôle éducatif: il devient un levier de stabilisation politique.

- L'affirmation des pôles régionaux

Dans la logique de décentralisation fonctionnelle engagée depuis les années 2000, la Côte d'Ivoire a misé sur la construction de capitales régionales capables de polariser leur hinterland. L'implantation des universités participe directement à ce projet. Les objectifs politiques recherchés sont pluriels: la consolidation de l'autorité régionale, par exemple Daloa, avec l'Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG), et Korhogo avec l'UPGC, deviennent des centres de commandement régional, capables de rivaliser avec Abidjan sur certaines fonctions stratégiques. Ensuite, l'accroissement de l'activité territoriale, en ce sens que les universités attirent des étudiants, enseignants, projets de recherche, investisseurs, structures privées et ONG, créant une dynamique de centralité régionale. Enfin, la stimulation de la modernisation urbaine à travers l'arrivée d'une université s'accompagne de nouveaux logements, transports, infrastructures sanitaires, restaurants, commerces. Le tableau ci-après présente l'apport des universités dans la construction des capitales régionales.

Tableau 1. Apport de quelques universités dans la construction des capitales régionales

Ville	Fonction régionale	Université	Impact politique
Daloa	Capitale du centre-Ouest	UJLoG	Renforcement de la centralité administrative et éducative
Korhogo	Capitale du Nord	UPGC	Consolidation du rôle stratégique dans la région des savanes
Bouaké	Métropole du centre	UAO	Stabilisation d'une zone historiquement sensible

Source: Nos enquêtes, 2023

L'implantation universitaire s'inscrit pleinement dans la stratégie de territorialisation du développement engagé par l'État ivoirien. L'université devient un marqueur de statut territorial contribuant à la montée à puissance de certaines villes dans l'organisation nationale. En somme, les logiques politiques de l'implantation universitaire en Côte d'Ivoire répondent à une volonté de rééquilibrage territorial, de reconstruction nationale et de renforcement des pôles régionaux. Désengager Abidjan, stabiliser les territoires et construire de nouvelles capitales régionales ne sont pas des actions isolées, mais des pièces d'une même stratégie visant à refonder l'État par le territoire et utiliser l'université comme un outil d'intégration et de développement.

3.1.2 LES LOGIQUES SOCIO-ÉCONOMIQUES DE L'IMPLANTATION UNIVERSITAIRE

Les logiques socio-économiques de l'implantation universitaire en Côte d'Ivoire s'inscrivent dans une dynamique où la croissance démographique des villes moyennes, leur potentiel économique et leur fonction de carrefour, ainsi que la modernisation progressive des économies régionales convergent pour faire de ces territoires des espaces stratégiques d'accueil des institutions universitaires. Depuis les années 1990 les villes moyennes ivoiriennes connaissent un essor démographique soutenu. Bouaké, Daloa, Korhogo, Man, Bondoukou connaissent une croissance (Tableau 2).

Tableau 2. Croissance démographique de quelques villes ivoiriennes

Villes	Population en 1988 (hbt)	Population en 1998 (hbt)	Population en 2014 (hbt)
Bouaké	329 850	461 618	536 719
Daloa	121 842	173 107	245 360
Korhogo	109 439	142 039	243 048
Man	-	116 657	148 945
Bondoukou	-	-	100 669

Source: RGPH 1988, 1998, 2021, INS

Ces chiffres montrent la pression démographique qui a rendu nécessaire l'ouverture des services publics d'envergure, notamment l'enseignement supérieur. Cette population par ailleurs se caractérise par une jeunesse abondante et demandeuse de formation. En effet, 63% de la population ivoirienne a moins de 25 ans selon l'INS. Les villes moyennes concentrent une grande part de cette jeunesse scolarisée venue des zones rurales environnantes. Cette dynamique favorise une demande locale croissante en formation supérieure, ce qui justifie la stratégie d'implantation des universités.

Les villes hôtes des universités régionales sont des pôles économiques régionaux déjà structurés. Avant l'université, Daloa et Korhogo, par exemple, étaient déjà des centres économiques stratégiques exerçant des fonctions de carrefours logistiques et commerciaux. Daloa constitue la plateforme des échanges agricoles (cacao, café, hévéa) et le carrefour de la RN5 et de la RN6 reliant les régions de la Marahoué, le Bas-Sassandra, le Guémon et le Worodougou.

Photo 1. Marché de vêtements traditionnels à Korhogo

Korhogo, capitale du Nord savanicole et carrefour entre le Mali, le Burkina Faso et le Sud ivoirien est le siège de la transformation artisanale, tissage, sculptures et de commerces transfrontalier

Photo 2. Unité industrielle de transformation de cacao

Ces atouts économiques ont encouragé la décentralisation universitaire afin d'accompagner les pôles productifs. Concernant la modernisation de l'économie régionale, la Côte d'Ivoire cherche, depuis les réformes des années 2010, à renforcer les économies régionales, promouvoir l'innovation locale, réduire la dépendance à Abidjan. Les universités deviennent alors des catalyseurs de modernisation régionale. Dès 2012 l'État a fait de l'enseignement supérieur un levier de développement régional, à travers la diversification des formations (agronomie, logistique, géosciences, santé), la formation d'une main-d'œuvre locale adaptée aux filières productives. C'est dans ce sens que l'Université Peleforo GON COULIBALY (Korhogo) renforce les formations en agronomie et industrie agroalimentaire appuyant les filières coton et anacarde. L'université Jean Lorougnon Guédé développe des pôles en environnement, foresterie et développement durable, en lien avec la région forestière.

On retient, à travers les logiques socio-économiques, que l'implantation universitaire en Côte d'Ivoire n'est pas un fruit du hasard. Elle repose sur la croissance démographique dynamique des villes moyennes, leur rôle économique structurant et leur fonction de carrefour, la volonté de moderniser les économies régionales. Ces éléments confirment que l'université agit comme un levier géostratégique capable de transformer durablement les territoires.

3.1.3 LES LOGIQUES TERRITORIALES ET GEOGRAPHIQUES

L'implantation des universités publiques ivoiriennes répond à des logiques territoriales et géographiques qui dépassent les seules motivations éducatives. Elle traduit une volonté de structurer l'espace national, d'équilibrer les dynamiques de développement entre régions et de créer des pôles urbains capables de polariser les territoires environnants.

Les logiques territoriales et géographiques s'articulent autour de trois dimensions principales: la centralité géographique, l'accessibilité des villes moyennes et la disponibilité foncière permettant une expansion planifiée. En effet, la centralité géographique peut être perçue comme un critère de localisation. La centralité des villes ivoiriennes sélectionnées pour accueillir des universités régionales constitue un facteur structurant dans la politique de déconcentration de l'enseignement supérieur. Elle renvoie à leur capacité à occuper une position stratégique dans l'organisation spatiale du pays, à polariser les flux humains, économiques et à fonctionner comme des nœuds d'articulation interrégionaux. Ces villes - notamment Daloa, Korhogo, Bouaké, Man- sont caractérisées par un ensemble de fonctions qui leur confère un rôle de carrefour faisant d'elles des lieux privilégiés pour implanter des institutions universitaires de grande envergure. Elles se distinguent par leur localisation au sein des zones de densité démographique intermédiaires permettant d'irriguer plusieurs régions simultanément. Bouaké, au centre du pays, se situe à la croisée des mobilités Nord-Sud et Est-Ouest reliant le Grand Centre, le Gbêkê, le Hambol et le Bélier. Ensuite, Daloa joue un rôle pivot entre l'Ouest montagneux, le Centre, le Centre-Ouest agricole, le Sud-Ouest. Enfin,

Korhogo, pôle du Nord, est connectée aux populations du Poro, du Tchologo, de la Bagoué mais aussi aux espaces transfrontaliers de Mali et du Burkina Faso. Cette centralité démographique permet à ces villes d'attirer des étudiants provenant de bassins multiples, garantissant une fréquentation suffisante et une dynamique académique régionale.

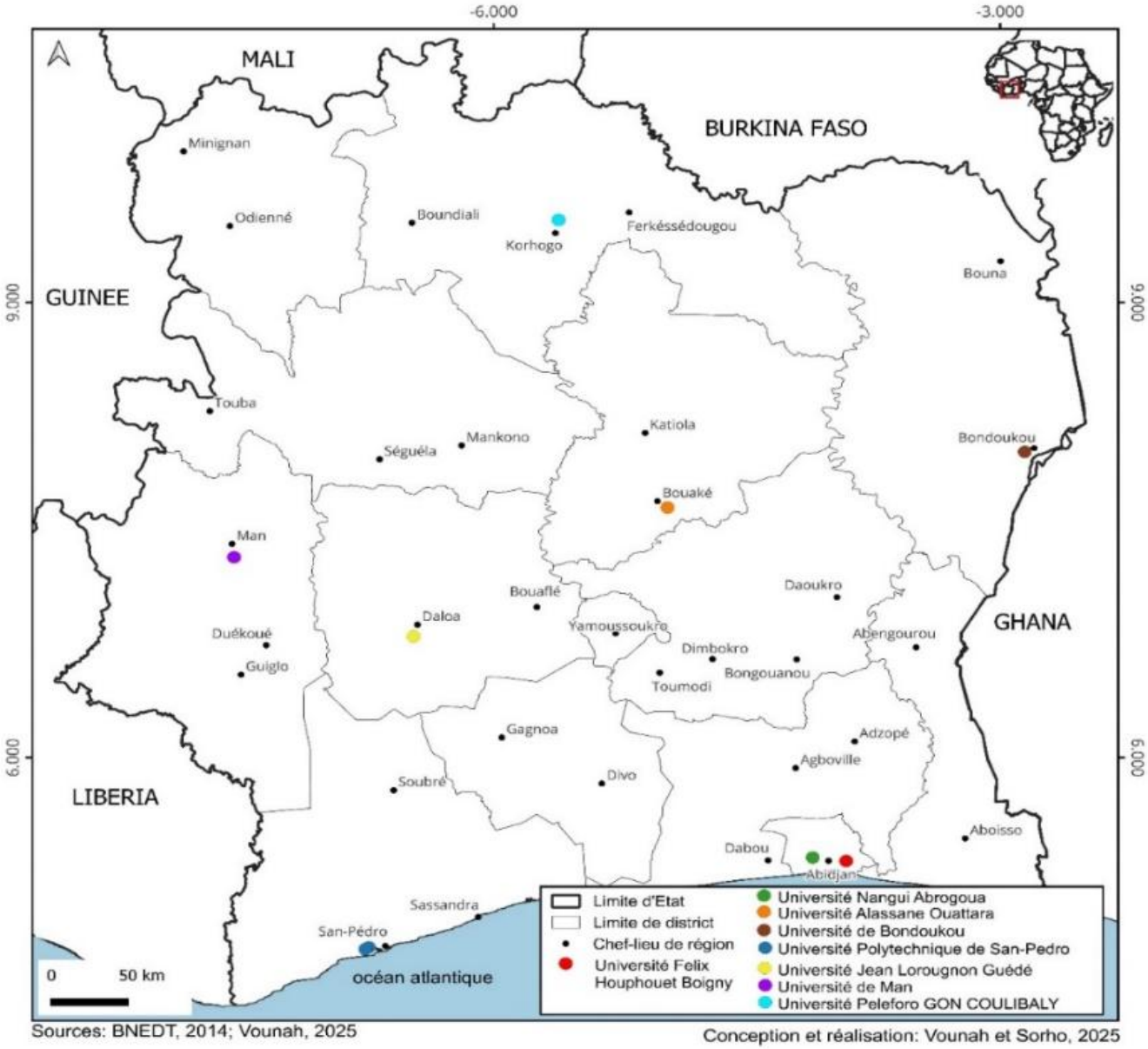


Fig. 2. Localisation de l'ensemble des universités ivoiriennes

Les villes universitaires ivoiriennes sont aussi des centres fonctionnels. Elles concentrent des activités administratives (préfectures, directions régionales), des services publics (CHU ou hôpitaux régionaux, délégation des ministères), des marchés et pôles commerciaux importants, des industries agroalimentaires ou artisanales. Ces fonctions favorisent une attractivité préexistante que l'université vient renforcer, en témoignent les exemples des villes suivantes: Daloa est depuis longtemps un centre de commerce du cacao et un carrefour régional. Korhogo est un pôle d'artisanat, d'agro-industrie (coton, noix de cajou) et de services. Et Bouaké accueille un tissu économique dense avec marchés, industries et transport ferroviaire. Cette diversité fonctionnelle crée un environnement favorable à l'accueil d'institutions universitaires attractives pour les enseignants, chercheurs et étudiants.

En outre, l'accessibilité et le réseau routier constituent une condition essentielle de la mobilité étudiante. En effet, l'implantation universitaire s'appuie également sur la qualité des infrastructures de transport, conditionnant la mobilité des

étudiants, du personnel enseignant et des biens. Daloa, par exemple, est une ville connectée par un réseau radial. Elle est traversée par l'axe Abidjan-Yamoussoukro-Man, l'un des plus importants corridors économiques du pays. Cette accessibilité facilite le déplacement des étudiants venant de divers horizons, l'approvisionnement des chantiers et infrastructures universitaires, la circulation des enseignants entre Abidjan, Bouaké et Daloa. Quant à Korhogo, elle est un nœud stratégique sur l'axe Nord-Sud. L'autoroute du Nord et la route internationale menant au Burkina Faso renforcent la position de Korhogo. L'accès routier facilite la mobilité interrégionale, l'arrivée d'étudiants et la distribution de matériel pédagogique et alimentaire.

Enfin, la disponibilité foncière et les opportunités d'expansion constituent un critère déterminant pour la planification urbaine. En effet, les universités nécessitent des espaces vastes pour accueillir des amphithéâtres, laboratoires, centres de recherche, internats, cités universitaires et réserves foncières futures. La disponibilité foncière constitue donc l'un des critères majeurs dans le choix des sites retenus pour accueillir les universités régionales en Côte d'Ivoire. Elle conditionne non seulement la faisabilité immédiate des projets, mais aussi leur capacité d'évolution à long terme, dans un contexte de croissance rapide des effectifs étudiants et de diversification des formations. Les villes hôtes, comme Daloa, Korhogo, Man, Odienné ou San Pedro, présentent des configurations foncières qui ont permis ou permettent encore une expansion progressive des infrastructures universitaires renforçant leurs fonctions d'école d'équilibre dans l'aménagement du territoire. Les sites choisis pour les universités régionales ont été localisés dans des zones périphériques offrant de grandes superficies disponibles, une faible densité d'habitat, une souplesse d'aménagement et un foncier souvent public ou coutumier facilement mobilisable. L'UJLoG de Daloa, par exemple, est implantée dans la périphérie Nord-Est, dans une zone autrefois peu urbanisée, permettant la construction d'un vaste campus. L'UPGC de Korhogo est installée sur un site au Sud-Est, avec des réserves foncières étendues encore non entièrement exploitées. Et l'Université de Man est implantée en lisière de la ville, dans une zone de collines où l'État a acquis un important domaine foncier. La disponibilité foncière des campus favorise également la croissance urbaine autour des universités. L'installation d'un campus crée une dynamique d'expansion des quartiers périphériques entraînant l'ouverture de voies nouvelles, l'installation de logements étudiants, le développement des commerces, la construction de résidences, l'extension des réseaux d'eau, d'électricité et de télécommunications. Ainsi la disponibilité foncière n'est pas seulement un critère technique: c'est un instrument géographique majeur, qui structure l'avenir de l'enseignement supérieur comme celui des villes moyennes ivoiriennes.

3.2 Des Defis À Relever Dans Le Processus De Construction Universitaire

L'implantation universitaire en Côte d'Ivoire fait face à des défis majeurs, notamment la saturation des infrastructures existantes, le manque de financements, et l'inadéquation des formations avec le marché de l'emploi. La concentration des étudiants à Abidjan, la précarité de la vie étudiante et la nécessité de moderniser l'enseignement (TIC) compliquent la décentralisation et la qualité de la formation.

3.2.1 Limites Et Contradictions De La Regionalisation Universitaire

En Côte d'Ivoire, la régionalisation universitaire constitue un choix stratégique affirmé en matière d'aménagement du territoire, mais sa mise en œuvre a des limites. Par exemple, la création d'universités dans des environnements urbains encore incomplètement structurés, une dépendance persistante à l'égard d'Abidjan et un écart observable entre les ambitions territoriales affichées et les réalités locales. La création des universités régionales en Côte d'Ivoire s'est souvent opérée dans des contextes urbains insuffisamment préparés à accueillir une institution universitaire de grande envergure. À Daloa comme à Korhogo, les campus ont été implantés en périphérie urbaine, dans des espaces faiblement urbanisés, caractérisés par un déficit en infrastructures de base (voirie, transports collectifs, assainissement, logements étudiants). Cette logique foncière, dictée par la disponibilité de vastes réserves à moindre coût, a primé sur l'existence préalable d'un véritable écosystème urbain universitaire. Aussi, des défis majeurs sont à relever pour rendre aux universités leur rôle de catalyseur du développement local, du moins à court et moyen terme.

3.2.2 Dependance Persistante Vis-À-Vis D'abidjan

Malgré la volonté affichée de rééquilibrage spatial de l'enseignement supérieur, les universités régionales demeurent structurellement dépendantes d'Abidjan, qui conserve sa position de centre universitaire dominant. Cette dépendance se manifeste à plusieurs niveaux: administratif, académique et scientifique. Les décisions stratégiques (création de filières, affectation des enseignants, financements) restent largement centralisées au niveau du ministère et des grandes universités abidjanaises. Sur le plan académique, de nombreuses formations spécialisées, écoles doctorales et laboratoires de recherche demeurent concentrés à Abidjan, contraignant étudiants et enseignants des universités régionales à des mobilités fréquentes. Cette situation entretient une hiérarchie implicite entre universités « centrales » et universités « périphériques", ces dernières

étant souvent perçues comme des établissements de second rang. D'un point de vue géohistorique, cette centralité persistante d'Abidjan prolonge les logiques héritées de la période coloniale et postcoloniale, durant laquelle la capitale économique concentrait l'essentiel des investissements éducatifs et scientifiques [3]. La régionalisation universitaire, bien que réelle dans sa dimension spatiale, demeure donc partielle dans ses effets structurels.

3.2.3 DECALAGE ENTRE AMBITIONS TERRITORIALES ET REALITES LOCALES

La régionalisation universitaire s'inscrit dans un discours politique ambitieux faisant de l'université un levier majeur du développement régional, de la cohésion nationale et de la réduction des inégalités territoriales, comme l'affirment les différents Plans nationaux de développement [4]. Toutefois, l'analyse des contextes locaux de Daloa et de Korhogo révèle un décalage significatif entre ces ambitions et les capacités réelles des territoires d'accueil. Les collectivités territoriales, pourtant identifiées comme acteurs clés du développement local, ont été faiblement associées à la conception et à la mise en œuvre des projets universitaires. Leur marge de manœuvre financière limitée, conjuguée à une gouvernance encore très centralisée, réduit leur capacité à accompagner efficacement l'université (logement, transport, services urbains). De plus, le tissu économique local reste souvent peu en mesure d'absorber les diplômés ou de valoriser la recherche universitaire. Ainsi, l'université apparaît parfois comme un équipement exogène, porté par l'État central, plutôt que comme le produit d'une dynamique territoriale endogène. Cette contradiction affaiblit la portée transformatrice de la régionalisation universitaire et invite à repenser les modalités d'articulation entre politiques nationales et réalités locales.

Ces limites et contradictions montrent que la régionalisation universitaire, si elle marque une avancée institutionnelle majeure, demeure un processus inachevé, dont l'efficacité territoriale dépend étroitement de la capacité des villes d'accueil à construire, avec l'université, de véritables dynamiques urbaines et socio-économiques intégrées.

4 DISCUSSION

L'approche géographique des logiques d'implantation des universités ivoiriennes vise à répartir et homogénéiser les établissements pour favoriser un équilibre territorial et une égalité d'accès à l'enseignement supérieur, dans un contexte de démocratisation et de massification étudiante [5]. Ces logiques sont restées conformes à celles des pays développés pendant plusieurs décennies. D'ailleurs en France, ce sont ces principes qui ont guidé l'organisation territoriale du système universitaire français. La construction historique des universités [6]; [7] a été marquée par le rôle de l'État, celui de centraliser les décisions et d'organiser le fonctionnement et la distribution spatiale des établissements. En effet, ce « modèle napoléonien », initié au XIX^{e} siècle et consolidé au XX^{e} siècle, a ratifié la séparation entre grandes écoles et universités, et a soutenu une triple unité de diplômes, d'institutions et de statuts académiques professionnels [8]. Toutefois, des différences significatives ont toujours été relevées entre les structures universitaires, relativement à l'ancienneté, la taille et la localisation, ainsi que la réputation et les profils disciplinaires. En outre, les gouvernants affichaient la volonté de maintenir une uniformité et un équilibre à l'échelle nationale. Par exemple dans la seconde moitié du XX^{e} siècle, la carte universitaire est initiée en réponse à la massification des effectifs étudiants en vue de démocratiser l'accès aux études supérieures par la proximité des équipements publics. Dans l'optique d'aménagement du territoire, les sites universitaires sont aussi utilisés comme leviers de développement économique. Dans ce contexte, l'objectif est alors de rééquilibrer l'offre de service public par des choix de localisation parfois négociés avec les acteurs locaux (et parfois contestés), mais dans le but de lutter contre les disparités territoriales.

Cependant dans les pays développés, ce but combinant modèle universitaire et conception républicaine se mesure aujourd'hui par la compétitivité et la visibilité internationale. Ainsi, même si les logiques d'implantation universitaire en Côte d'Ivoire sont d'ordre politique, socioéconomique et territorial, cette étude s'oppose aux logiques actuelles des pays développés. En effet, pour la France, l'étude de [9] sur les « *Réformes de l'université: transformations des géographies d'un service public français »* montre que les rapports entre l'État et les universités s'appuient désormais sur la sélection par la mise en compétition, et sur la concentration des financements pour favoriser quelques établissements uniquement, considérés comme plus performants. En revanche, les études interrogent cette nouvelle logique présentée comme inégalitaire, mais juste, et montrent que son inscription géographique questionne les principes d'équilibre territorial, d'équivalence et d'équité. Le résultat de cette logique inégalitaire qui organise les financements est la différenciation des établissements et leur hiérarchisation. La traduction géographique de ces modes de gestion publique interroge alors sur l'organisation territoriale du modèle universitaire français; à savoir l'équivalence, l'équité et l'équilibre territorial [10]. Dans cette perspective, l'État encourage les universités à développer leurs ressources propres et à se distinguer dans la compétition. Ainsi, les universités se tournent davantage vers leurs territoires d'ancrage en développant des stratégies territoriales à leur égard.

En tant qu'institutions regroupant à la fois des activités d'enseignement et de recherche, les réformes visent à accroître la compétitivité et la visibilité des établissements dans un système d'enseignement supérieur et de recherche de plus en plus

internationalisé. S'appuyant sur un modèle d'économie de la connaissance, les universités sont appelées à contribuer, notamment par le transfert d'innovation. Dans ce contexte, les orientations européennes et les collectivités locales s'affirment comme acteurs des politiques publiques à l'égard de l'enseignement supérieur. Aussi, le rôle de l'État dans l'organisation des universités reste primordial, mais se transforme, dans ses objectifs et ses modalités. On observe alors une mutation des principes d'organisation territoriale du système d'enseignement supérieur sous l'égide de la concentration et du regroupement. Il s'agit désormais de soutenir des pôles universitaires sur le territoire national. Cela permettra de créer un effet de seuil et renforcera par la suite la productivité scientifique et la visibilité mondiale des universités. Pour atteindre les objectifs, trois principales logiques guident les politiques publiques, transformant les principes de gestion des universités françaises. La première encourage les universités à se regrouper avec d'autres universités pour atteindre une masse critique (d'étudiants, de personnels, de publications) censée être plus repérable à l'international. Ainsi, le but sera de développer à l'échelle locale et régionale les relations entre les établissements sur un même territoire. La seconde concerne les modalités de financement des universités, qui permettent de concentrer les financements vers les établissements considérés comme les plus performants [11]; [12]. En effet, deux grands programmes de financement public mettent en œuvre cette logique, à savoir le programme Campus lancé en 2008 et le programme d'initiative d'excellence en 2010. Cette concentration de moyens publics matériels sur un nombre limité d'établissements pour une durée limitée (10 ans) distingue et renforce une partie restreinte du système universitaire [13] et [14]. Par ailleurs, cette concentration est rendue possible par une troisième logique: le transfert de responsabilité. Ici, l'État ne fournit plus les subsides nécessaires aux universités. Ainsi, si les réformes mises en place depuis une vingtaine d'années n'ont pas changé la géographie de la répartition territoriale des universités européennes, les logiques d'attribution des financements que les transformations territoriales induisent interrogent sur les principes d'égalité et d'équité du service public universitaire français [15].

En considérant l'implantation universitaire en Afrique de l'ouest, cette étude s'accorde avec celle de [16] qui présente la cohabitation des logiques territoriales avec les logiques socioéconomiques dans le cadre de la construction des établissements universitaires au Sénégal. Selon l'auteur, les universités sénégalaises incorporent leurs territoires dans leurs processus actuels de construction. En effet, la territorialisation procède de plusieurs expérimentations qui mettent en scène une cohabitation souhaitée ou indispensable entre les espaces universitaires et économiques. Présentant l'exemple de la mise en place de la ferme agricole de l'université de Saint-Louis ou encore celle de l'incubateur de l'université de Dakar, l'auteur montre dans un premier temps que l'université sénégalaise intègre une dimension de son territoire économique dans sa logique de développement. Ainsi, ce modèle de territorialité peut être considéré comme une réponse suffisante apportée aux préoccupations du monde agro-industriel et à l'économie informelle. Dans un second temps, la territorialité des universités sénégalaises s'effectue également dans la redéfinition des cursus de formation. À ce niveau, il y a un changement de posture, notamment dans les nouvelles universités. Et la cohabitation des espaces s'effectue dans l'articulation des questions sociales avec les contenus disciplinaires de formation. Ainsi, la professionnalisation se présente comme une des modalités de la territorialité des universités. À cela s'ajoute la prise en compte des territoires économiques, culturels et géographiques dans les contenus de formation. Il s'agit du glissement progressif des formations centrées sur des questions sociales et moins sur les seuls aspects disciplinaires.

Les logiques d'implantation universitaire en Côte d'Ivoire font face à divers défis majeurs. En effet, la massification des effectifs, saturant les infrastructures, impose des contraintes financières importantes. En outre, l'expansion territoriale vers des villes moyennes, bien que source de développement, exige une modernisation technologique, une meilleure adéquation avec le marché du travail et une meilleure accessibilité pour réduire les disparités régionales et sociales. Ces défis demeurent les mêmes pour la plupart des États africains. L'étude rejoint ainsi celle de [17] qui rappelle que le transfert de différents résultats importants obtenus dans le sens du développement direct des territoires connaît des difficultés certaines. En effet, les structures de développement et gouvernementales ne sont pas assez impliquées dans l'identification des programmes de recherche et ne facilitent pas non plus les processus d'appropriation des résultats. De plus, il n'y a pas de cadre formel institutionnel et organisationnel permettant de promouvoir les innovations et de vulgariser les résultats de la recherche dans les milieux sociaux et économiques. Cette situation interroge l'articulation avec le territoire local et la participation au système de production, dans une perspective de développement économique et social. La cohabitation entre espaces académiques et économiques se révèle alors être un processus complexe dans lequel l'articulation avec le territoire local pourrait se lire comme la matérialisation de l'évolution des configurations sociétales.

La plupart des universités africaines créées avant les indépendances ou tout juste après émanent de l'héritage colonial français, britannique ou lusophone. Ainsi, plusieurs nouveaux États africains profiteront des indépendances des années 1960 pour construire des universités et un système scolaire plus orienté vers les besoins locaux. Car selon [18]: *« l'enseignement français a été introduit sans modification (...) il échappe donc difficilement à l'une des deux accusations d'avoir importé l'enseignement métropolitain, traumatisant et de très faible rendement, ou d'avoir créé, par des adapta tions, un enseignement au rabais ».* De ce fait, on peut considérer que l'université sénégalaise, dans la continuité des universités africaines, *« se traduit*

par son inadaptation vis-à-vis de la société (...) la formation dispensée à l'université ne correspond plus à la demande de la société (...) la recherche menée au sein de l'université africaine n'a aucun rapport sur son environnement, elle laisse intacts les problèmes du développement industriel, économique et social de l'Afrique » [19]. Cependant, ces constatations peuvent aujourd'hui être nuancées sur certains points au regard de la configuration actuelle des universités. C'est d'ailleurs l'analyse de cette configuration qui pousse les auteurs à affirmer l'émergence d'une université plurifonctionnelle. Toutefois, cette configuration n'exclut pas les difficultés. Elle suppose qu'elle constitue une composante de l'action à partir de laquelle les différents acteurs peuvent faire montre d'inventivité et d'imagination. D'ailleurs, les années 1990 étaient l'occasion d'introduire cette inventivité, par la création de l'université de Saint-Louis et par un travail qui consistait à rompre l'isolement des universités et des universitaires et permettant au système de s'ouvrir à la société locale, de se territorialiser.

Selon les propos de [20], *« la présence dans une ville d'établissements d'enseignement supérieur et de recherche n'est qu'une condition nécessaire, mais loin d'être suffisante pour que cette présence constitue un atout réel pour l'industrie locale ».* Il est donc nécessaire qu'une dynamique se mette en place pour créer les conditions favorables à l'articulation entre les espaces académiques et économiques et par conséquent, à la territorialisation des cursus de formation qui peut être porteur de capacité de développement. C'est sûrement à ce niveau que l'intervention des gouvernants, en tant qu'acteurs de l'identification des orientations de formation, paraît une condition nécessaire. La prise en compte du service à la collectivité et donc des territoires locaux intègre les réalités socioculturelles et économiques. Dans ce cas, les enjeux de la recherche nationale peuvent être considérés avant tout comme des enjeux locaux. C'est-à-dire que l'échelle pertinente est celle de la communauté rurale, de la ville, de la circonscription et du pays. Ainsi, selon [21], intégrer le rapport au contexte local, de même que l'adaptation de la « connaissance » à l'usage local, apparait comme un impératif (expertise, transfert de connaissance et de technologie) pour l'efficacité externe du système qui tient compte des objectifs de la société, des besoins du marché du travail et des aspirations individuelles. Enfin, les objectifs, les besoins et les aspirations peuvent être actuels ou projetés sur l'avenir. De ce qui précède, cette étude rejoint la littérature sur les défis des pays africains relativement à la construction universitaire.

5 CONCLUSION

L'approche méthodologique de la recherche était basée sur deux hypothèses. Pour les vérifier, les données primaires et secondaires ont été mobilisées et traitées à partir d'outils numériques (logiciels et appareil photographique numérique). Les résultats révèlent trois logiques d'implantation universitaire hiérarchisées en Côte d'Ivoire (logiques politiques, logiques socioéconomiques et logiques territoriales ou géographiques) et la persistance de défis majeurs à relever. L'étude insiste en particulier sur l'importance d'une approche holistique dans le processus de construction des établissements universitaires, notamment en analysant l'attitude des gouvernants ainsi que les obstacles potentiels à la régionalisation des structures universitaires. Par ailleurs, même si ces logiques participent à l'organisation du territoire national, force est de reconnaître que l'adaptation efficace des universités aux réalités locales constitue encore des préoccupations. Ainsi, ces constats faits au cours de l'étude pourraient faire l'objet d'études futures permettant de comprendre l'apport des régions dans la construction universitaire en Côte d'Ivoire.

REFERENCES

[1] GOUDIABY Jean Alain, Comment l'université sénégalaise se territorialise: modalités d'une cohabitation dynamique, Conseil pour le développement de la recherche en sciences sociales en Afrique 2012, JHEA/RESA, n° 1, Vol. 10, pp.73–94, 2012.

[2] SYLLA Abdou, Le système d'enseignement supérieur au Sénégal. Dakar, IFAN, 1989.

[3] CHARLIER Jean-Émile, L'enseignement supérieur en Afrique, Karthala, 2014.

[4] Ministère du Plan, Plan National de Développement 2016-2020, Abidjan, 2016.

[5] VERGNAUD Camille et NOÛS Camille, Réformes de l'université: transformations des géographies d'un service public français, n° 202, vol. 1, Édition Où va l'enseignement supérieur ?, pp. 77-89, 2023.

[6] CHARLE Christophe, VERGER Jacques, Histoire des universités. XII^{e}-XXI^{e}siècles. Paris: PUF, 2012.

[7] RENAUT Alain, Les révolutions de l'université. Essai sur la modernisation de la culture. Paris: Calmann-Lévy, 1995.

[8] AUST, Jérôme et CRESPY Cécile, Napoléon renversé ? Revue française de science politique, vol. 59, n^{o} 5, p. 915-938, 2009, https://www.cairn.info/revue-francaise-de-science-politique-2009-5-page-915.htm

[9] VERGNAUD Camille et NOÛS Camille, Réformes de l'université: transformations des géographies d'un service public français, n° 202, vol. 1, Édition Où va l'enseignement supérieur ?, pp. 77-89, 2023.

[10] VERGNAUD Camille et NOÛS Camille, Réformes de l'université: transformations des géographies d'un service public français, n° 202, vol. 1, Édition Où va l'enseignement supérieur ?, pp. 77-89, 2023.

[11] GOZLAN Clémentine, Les Sciences humaines et sociales face aux standards d'évaluation de la qualité académique. Enquête sur les pratiques de jugement dans une agence française. Sociologie, vol. 7, n° 3, pp. 261-280, 2016.
[12] SOLER Coline, Le dispositif de financement des initiatives d'excellence. Instrument de transformation de l'ESR en France. Savoir/Agir, vol. 3, n° 57, pp. 103-115, 2021.
[13] AUST Jérôme, MAZOYER Harold et MUSSELIN Christine, Se mettre à l'IDEX ou être mis à l'index. Conformation, appropriation et résistance aux instruments d'action publique dans trois sites d'enseignement supérieur. Gouvernement et action publique 2018-4 page-9 htm, 2018.
[14] MUSSELIN Christine, La grande course des universités. Paris: Presse de Sciences Po, 2017.
[15] VERGNAUD Camille et NOÛS Camille, Réformes de l'université: transformations des géographies d'un service public français, n° 202, vol. 1, Édition Où va l'enseignement supérieur ?, pp. 77-89, 2023.
[16] GOUDIABY Jean Alain, Comment l'université sénégalaise se territorialise: modalités d'une cohabitation dynamique, Conseil pour le développement de la recherche en sciences sociales en Afrique 2012, JHEA/RESA, n° 1, Vol. 10, pp.73–94, 2012.
[17] GOUDIABY Jean Alain, Comment l'université sénégalaise se territorialise: modalités d'une cohabitation dynamique, Conseil pour le développement de la recherche en sciences sociales en Afrique 2012, JHEA/RESA, n° 1, Vol. 10, pp.73–94, 2012.
[18] BOUCHE Denise, Autrefois, notre pays s'appelait la Gaule...: Remarques sur l'adaptation de l'enseignement au Sénégal de 1817 à 1960, Cahiers d'études africaines, Vol. 8, Cahier 29: p. 110–122, 1968.
[19] MBAYA Maweja, Le rôle de l'université dans une société africaine en mutation. Afrique et développement, Vol. XXVI, n° 3 & 4, p. 27–42, 2001.
[20] FILÂTRE Dir. et GROSSETTI Michel., La construction de la carte scientifique française et l'émergence des nouveaux sites. In, La territorialisation de l'enseignement supérieur et de la recherche, Sous la direction de Grossetti, M. & Losego, P. Paris, L'Harmattan, 2003.
[21] SALL Hamidou Nacuzon et De KETELE Jean-Marie, L'évaluation du rendement des systèmes éducatifs: apports des concepts d'efficacité, d'efficience et d'équité. Mesure et évaluation en éducation, Vol. 19, n° 3, p. 119–142, 1997.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 837-844
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Dynamique de la forêt au paysage écologique du bassin du Congo : Cas de bombo lumene (Kinshasa, RD Congo)

[Dynamic of forest at landscape of Congo basin: Case of Bombo Lumene (Kinshasa, DR Congo)]

Crispin El'Shie Makumbelo

Université du Kwango, Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement, B.P. 41 Kinshasa 1, RD Congo

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

ABSTRACT: Results of survey by interview carried out in objective sample at Bombo Lumene revealed basic human activity of forest dynamic of this eco-complex system and official who scatter seeds. Bush fire and fact dear of trees are principals' activity. Eco-physiology characteristics of species, wind, presence of birds and mammals are elements who go to cap take sth into account. Good management and respect of regulation of this place of interest will allow progress dynamic of forest.

KEYWORDS: evolution, ecosystem, eco complex, survey, Kinshasa.

RESUME: Les résultats d'une enquête par interview menée dans un échantillon objectif à Bombo Lumene ont révélé les activités humaines de base de la dynamique de la forêt de ce système éco-complexe et les agents qui disséminent les diaspores. Le feu et le fait de boiser sont les principales activités. Les caractéristiques écophysiologiques de différentes espèces, le vent, la présence des oiseaux et des mammifères sont les éléments à prendre en compte. Une bonne gestion et le respect du règlement de ce site touristique permettront une dynamique plus progressive de cette forêt.

MOTS-CLEFS: évolution, écosystème, éco complexe, enquête, Kinshasa.

1 INTRODUCTION

Le paysage est un ensemble hétérogène formé de différents écosystèmes qui résultent de la fragmentation de la forêt essentiellement par des activités humaines. Avec l'anthropisation de l'ancienne forêt de la République Démocratique du Congo amplifiée par l'accroissement démographique et la pauvreté, la forêt est aujourd'hui devenue très dégradée et la couverture des écosystèmes végétaux qui se jouxtent très variée, en un seul site, occupe de très large étendue. Ce système écologique est d'un niveau d'organisation supérieur à l'écosystème.

Une étude récente, par imagerie satellitaire, l'illustre dans les zones de Katanga [1]. A Kinshasa, des analyses par Modèle LIFOSA-17 l'ont démontré au Domaine et réserve de chasse de BomboLumene [2]. Cabala Kalaba et collaborateurs, en se référant à une abondante littérature sont allés jusqu'à analyser les causes à la base de ce processus en recourant notamment aux savoirs endogènes [1]. [3] ont déjà montré que les résultats des enquêtes reflètent la réalité sur terrain. Ce qui a poussé à la recherche des pratiques traditionnelles de gestion durable des espèces végétales utiles [4].

Pour Dounias et collaborateurs [5] les savoirs endogènes sont du domaine des ethnosciences. L'ethnobotanique, l'une des disciplines de ce domaine est pratiquée depuis 1895. Discipline en plein évolution, elle est l'étude de l'interaction entre la population et son environnement, dont les plantes qu'elle utilise. Elle est l'étude du savoir des populations locales et de leurs relations avec les plantes. Le savoir local peut fournir des informations utiles sur les ressources. Mais la vérification des données en général est nécessaire. C'est en cela que les ethnobotanistes se considèrent de plus en plus comme des conseillers dans la gestion des ressources [6].

Ils désignent précisément '' ces savoirs ancestraux sur les plantes, les animaux, la santé et la maladie, ces techniques agricoles et artisanales anciennes'' et qui existent comme activités théoriques et pratiques au cœur des cultures africaines'', bref cette connaissance héritée par tradition sur son environnement. Les savoirs endogènes existent et ont existé dans toutes les civilisations [5], [7], [8].

Cette publication se fixe pour objectif de présenter les éléments qui facilitent la dynamique du paysage écologique de BomboLumene. Elle complète les études ci-haut cités en présentant les résultats des enquêtes menées auprès de la population autochtone de ce site.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU D'ETUDE

Le Domaine et Réserve de chasse de Bombo Lumene (DRCBL) est situé à la périphérie de Kinshasa et est un site réservé et touristique du réseau de l'Institut National pour la Conservation de la Nature (ICCN) en RD Congo. DRCBL est créé pour l'exploitation touristique et la lutte contre la déforestation. Il est placé dans un climat tropical humide soudano-guinéen de type AW4 suivant la classification de Koppen avec une pluviosité qui oscille autour de 1500 mm. Sa végétation est marquée par des savanes arbustives et des galeries forestières. Celles-ci résultent, comme pour l'ensemble de la forêt africaine, des effets du changement climatique et de la pression anthropique [9]. La biocénose de ce site connait aujourd'hui une dégradation très avancée.

2.2 ECHANTILLONNAGE

L'échantillonnage est une technique utilisée pour des raisons économiques [10] de représenté et d'exhaustivité. L'échantillon doit être un sous ensemble rationnellement tiré. Ceci découle du principe statistique selon lequel une partie de l'univers présente les caractéristiques de ce dernier, quand la sélection des éléments est faite d'une façon rigoureuse [11], [12] et délibérée dans le but d'étudier les propriétés de l'univers (Wong et al., 2001). Celui-ci est un échantillon objectif du type aléatoire et stratifié [6].

L'étude par échantillonnage comporte différents éléments [12] dont la stratification, la taille de l'échantillon, la fraction de sondage, le nombre des personnes tirées par strate et l'échantillon proprement dit.

Pour ce cas, statistiquement le ménage est représenté par la personne.

Le Tableau 1 reprend la stratification des ménages de Bombo-Lumene..

Tableau 1. Stratification des enquêtés de Bombo-Lumene

Strates	Nombre de personnes (N) par strate	Signification de la strate (ménage)
I	N1	Ménages des gestionnaires situés à la station (M1)
II	N2	Ménage du Chef de la station (M2)
III	N3	Ménages des enseignants (M3)
IV	N4	Ménages des gardes (M4)

La lecture du Tableau 1 montre que l'ensemble des ménages est reparti en 4strates.

La taille de l'échantillon est calculée par la formule suivante:

$$n = \frac{k(z)^2\ P\ q}{D^2} \quad [13]$$

Où :

n : nombre des personnes à inclure dans l'échantillon ;

k : coefficient d'ajustement (permet de modeler les effets de stratification soit 1,2) ;

z : déviation normale pour le degré de confiance désiré soit ±2σ = 95% donc 1,96 ; q : proportion estimée des personnes absentes lors de l'enquête (pour cause de garde, mission de service, maladie …) = 3% soit 0,03 ; P : proportion estimée des personnes présentes lors de l'enquête (1 – q) = 97% soit 0,97 ; D : déviation à partir de P due à l'échantillonnage avec un intervalle de confiance choisie (95%) soit 5% pour le calcul de la moyenne.

Ce qui donne :

$$n = 1{,}2(1{,}96)^2.\,0{,}97.0{,}03/(0{,}05)^2$$

n = 53,6 soit 54 personnes.

La fraction de sondage est:

$f = n/N$

$= 54/56$

Le nombre des personnes tirées par strate N = 56 (Population totale = Nombre total des personnes, de plus de 18 ans, des ménages N1, N2, N3, N4)

N1, N2, N3 … Nk = ….. (Soit N1,2,3, k = Nombre total des personnes par strate)

f = fraction de sondage

$$f = \frac{n}{N}$$

n = f. N

σ = f. N

n = σ (a)

$$n = \frac{k(z)^2\ P\ q}{D^2} \text{ (b)}$$

y = 1, 2, 3,… k (soit y = numéro de la strate où y1= strate 1, y2= strate 2, …..yk= strate k)

ny = N.y. f

$$ny = N,y\frac{n}{N}$$

$ny = N,y\frac{\sigma}{N}$ où σ équivaut à n

Sachant que N = 56 et σ = 54

$n1 = N1\frac{\sigma}{N} = 2,8$

$n2 = N2\frac{\sigma}{N} = 0,9$

$n3 = N3\frac{\sigma}{N} = 13,5$

$n4 = N4\frac{\sigma}{N} = 36.6$

Le Tableau 2 reprend l'échantillon tiré proprement dit.

Tableau 2. Echantillon tiré proprement dit

N° de la strate	Population totale (N)	Nombre des personnes tirées	Echantillon à enquêter
N1	3	2,8	3
N2	1	0,9	1
N3	14	13,5	13
N4	38	36,6	37
Total	56		54

Du Tableau 2, il ressort que l'échantillon est composé des 54 personnes réparties en quatre strates.

2.3 COLLECTE ET DEPOULLEMENT DES DONNEES

L'hypothèse relative aux impacts des activités anthropiques et la dissémination des diaspores a permis l'élaboration d'un questionnaire à administrer auprès de la population riveraine en se référant à [14].

Ce questionnaire comprend les 9 questions suivantes :

1. Quelles sont les activités que les hommes font à la lisière forêt-savane que vous observé durant ces 5 dernières années ?
2. Lesquelles sont les plus fréquentes tous les 3 ans dans une même station ?
3. Lesquelles ne sont pas les plus fréquentes tous les 3 ans dans une même station ?
4. Quels sont les animaux et les oiseaux les plus observés dans les habitats herbacés de la lisière ?
5. Quel est, respectivement, leur régime alimentaire ?
6. Connaissez-vous les jeunes plantes de la forêt qui poussent dans les habitats herbacés de la lisière, si oui lesquelles ?
7. Connaissez-vous comment sont-elles transférées, respectivement, de la forêt dans les habitats herbacés de la lisière ?
8. A quel moment du jour se fait ce transfert des diaspores des plantes de la forêt à la lisière ?
9. Pour quelle raison sont-elles, respectivement, transférées ?

L'étude a adopté l'interview comme mode d'administration de ce questionnaire en se référant à [3], [15], [16], [17], [18].

Les observations à la lisière ont complété les résultats avancés par les enquêtés. La documentation a renforcé leur compréhension.

Un stylo et un cahier de bord ont servi du matériel d'appui. Le dépouillement a été fait manuellement.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 DECLARATIONS DE LA POPULATION SUR DES ACTIONS ANTHROPIQUES ET AGENTS DE DISSEMINATION DES DIASPORES DES ESPECES RECONNUES

Le Tableau 3 reprend les déclarations avancées par la population, lors de l'enquête, des actions anthropiques et des agents de dissémination des diaspores reconnues par les enquêtés.

Tableau 3. Déclarations de la population sur les actions anthropiques et agents de dissémination

Questions	Nombre des réponses	Déclarations des enquêtés (fréquences)
1	37	production des bois (26), feu de brousse non contrôlé (26), incinération des champs (20), chasse par feu de brousse (18), champs (6), création de nouveaux villages (2), ramassage des fruits (1)
2	37	Production de charbon de bois (23), incinération des champs (17), feu de brousse non contrôlé (11), chasse par feu de brousse (7)
3	37	Chasse par feu de brousse (12), ramassage des fruits (10), production de charbon de bois (7), pèche (2), champs (2)
4	37	pintade (29), guib harnaché (17), antilope (14), perdrix (14), perroquet (10), buffle (9), tourterelle (7), potamochère (7), singe (7), petit et grand calao (4), sitatunga (4), chauve- souris (3), vanneau Sénégal (3), aulacode (3), tisserain (3), francolin (3), plusieurs oiseaux (2),corbeau (1)
5	37	Fruits (13), graines (14), feuilles et racines (6), tout (4)
6	30	*Caloncoba welwitschii*syn. *Oncoba welwitschii* (19), *Millettia laurentii* (19), *Berlinia giorgii* (10), *Hymenocardia ulmoides* (9), *Elaeis guineensis* (5), *Pentaclethra eetveldeana* (4), *Lannea antiscorbutica* (4), *Alchornea cordifolia* (1), *Chaetocarpus africanus* (1), *Olax subscorpioidea* (1)
7	30	vent (26), oiseaux (22), chute (3), animaux (11)
8	30	Vent l'emporte (22), journée quand les oiseaux perchent (14), pluie (6), quand les animaux mangent (3), quand les animaux se promènent (2), la nuit quand les animaux mangent (1), quand les hommes se promènent (1)
9	28	vent (14), réserve alimentaire (9), nourriture (7), déjection (3), pluie (1)

Légende : () = nombre des déclarations.

Du tableau 3, il se dégage que la production du charbon de bois, le feu de brousse non contrôlé et l'incinération des champs restent les activités anthropiques les plus fréquentes et les plus observées.

La population riveraine reconnait et confirme, en plus, la présence de la production du charbon de bois, de la chasse par le feu de brousse à divers endroits de cette lisière.

Elle mentionne aussi, comme agents de dissémination des diaspores dans ces biotopes, les arbres semenciers, le vent, la pluie, plusieurs mammifères et oiseaux qui se nourrissent des graines et fruits et les hommes.

3.2 ESPECES OBSERVEES ET CITEES PAR LA POPULATION

3.2.1 DIFFERENTES ESPECES OBSERVEES ET MENTIONNEES

Il est observé dans les habitats herbacés de la lisière des semis et jeunes pousses des espèces héliophiles de la formation herbacée (*Albizia adianthifolia, Dialium englerianum, Hymenocardia acida, Psorospermum brifugum, Vitex madiensis*), ceux des espèces à croissance rapide de la forêt (*Alchornea cordifolia, Berlinia giorgii, Caloncoba welwitschii, Pentaclethra eetveldeana*) et ceux des espèces à croissance lente de la forêt (*Hymenocardia ulmoides, Lannea antiscorbutica, Millettia laurentii*). Certaines de ces espèces sont de forêt claire, d'autres de recrû forestier ou encore de forêt secondaire.

La population riveraine énumère *Caloncoba welwitschii* (syn. *Oncoba welwitschii*), *Millettia laurentii*, *Berlinia giorgii*, *Hymenocardia ulmoides*, *Elaeis guineensis*, *Pentaclethra eetveldeana*, *Lannea antiscorbutica*, *Alchornea* cordifolia, *Chaetocarpus africanus, Olax subscorpioidea* comme espèces qui poussent dans ces biotopes herbacés.

3.2.2 CARACTERISTIQUES AUTOECOLOGIQUES ET HABITAT D'ORIGINE DES ESPECES VEGETALES MENTIONNEES ET OBSERVEES

Le Tableau 4 indique les caractéristiques autoécologiques et habitat d'origine des espèces mentionnées par les enquêtés et observées par l'enquêteur.

Tableau 4. Caractéristiques intrinsèques des espèces mentionnées et observées

Familles botaniques	Espèces	TM&Hab	TB	TD	TF
Anacardiaceae	*Lannea antiscorbutica* (Hiern.) Engl	AF	MsPh	Sar	Méso
Arecaceae	*Elaeis guineensis* Jacq.	aC	MsPh	Sar	Méso
Euphorbiaceae	*Alchornea* cordifolia (Schum.& Thonn.) Mûll.Arg.	aF	MsPh	Sar	Méso
Euphorbiaceae	*Chaetocarpus africanus Pax*	aF	MsPh	Bal	Méso
Fabaceae	*Albizia adianthifolia* (Schum.) W.Wight var. adianthifolia	AFH	MsPh	Bal	Lepto
Fabaceae	*Berlinia giorgii* De Wild. Var.gilletti (De Wild.)	AF	MsPh	Bal	Méso
Fabaceae	*Millettia laurentii* De Wild	AF	MgPh	Bal	Méso
Fabaceae	*Pentaclethra eetveldeana* De Wild. et T.Durand	AF	MgPh	Bal	Lepto
Fabaceae	*Dialium englerianum* Henriq.	AFH	MsPh	Ptér	Méso
Hypericaceae	*Psorospermum febrifugum* Spach.	AFH	MsPh	Sar	Méso
Lamiaceae	*Vitex madiensis* Oliv.	aFH	MsPh	Sar	Méso
Olacaceae/ Oulaceae	*Olax subscorpioidea* Oliv.	aF	MsPh	Sar	Méso
Phyllanthaceae	*Hymenocardia acida* Tul.	aFH	MsPh	Ptér	Nano
Phyllanthaceae	*Hymenocardia ulmoides Oliv*	AF	MsPh	Ptér	Nano
Salacaceae	*Oncoba welwitschi Oliv.* Syn. *Caloncoba welwitschii (Oliv.) Gilg.*	AF	MsPh	Sar	Méso

Légende : Types morphologiques (TM) = A : arbre, a : arbuste ; Habitats (Hab)= Forêt : F, Formation herbacée : FH, Culture : C ; Types biologiques (TB) = Mésophanérophyte : MsPh, Mégaphanérophyte : MgPh ; Types de diaspores (TD) = Ballochore : Bal, Sarcochore : Sar, Ptérochore : Ptér ; Types foliaires (TF) = Leptophylles : Lepto, Mésophylles : Méso, Nanophylles : Nano.

Il se dégage de l'analyse du Tableau 4 que la plupart de ces semis et jeunes pousses sont ceux des arbres et arbustes héliophiles, des Phanérophytes mésophanérophytes, des sarcochores à dimension foliaire mésophylles.

3.2.3 ACTIONS ANTHROPIQUES OBSERVEES

Le Tableau 5 regroupe les différentes actions anthropiques observées.

Tableau 5. Actions anthropiques observées

Actions anthropiques	Actions anthropiques observées par habitat						
	B1	B2	B3	FH	EcoFH	EcoF	F
Champs et recrû				+		+	
Coupe des arbres							+
Feu de brousse	+	+		+	+	+	
Carbonisation		+	+	+			+
Récolte des PNLS et PFNL			+				

Légende : Habitats = Bosquet 1,2,3 (B1, B2, B3) ; Présence = + ; Types des produits récoltés = Produits forestiers non ligneux (PFNL), Produits non ligneux de la savane (PNLS),

La lecture du Tableau 5 fait ressortir 5 types d'actions anthropiques observés. Le feu de brousse est l'action la plus représentée. Il est suivi de la carbonisation. Les autres activités sont de moindre importance.

4 DISCUSSION

Les enquêtes, les observations et la documentation sont des techniques en actualité dans divers domaines scientifiques [6], [14] et sont utilisées dans plusieurs travaux recensés. C'est le cas, pour les enquêtes déjà citées [3], [7], [15], [18].

Il est admis que là où il existe une connaissance locale sur une espèce ou sur un produit, elle peut potentiellement constituer la base d'un bon inventaire ou d'un bon contrôle des ressources. L'objectivité et le respect de la complexité sont peut-être la clé pour, à la fois, la prise en compte de la connaissance locale et la conception biométrique d'un inventaire participatif [6]. Le mode de tirage de cet échantillon, le type du questionnaire et son mode d'administration en sont quelques un des éléments de cette dernière.

Cette connaissance de la population, souhaitée depuis environ quatre décennies, permet d'élaborer, par la politique, des programmes de régénération ayant pour objectif de renverser le cours des processus de la dégradation afin d'instaurer des systèmes éco-complexes dynamiques, dont l'évolution puisse aboutir à la création d'écosystèmes ''forêt'' plus stables, plus homogène, plus productifs et plus utiles à l'homme tant souhaité [19]. Car depuis ce temps, il est constaté que l'évolution des écosystèmes est fortement liée au mode d'utilisation des ressources du milieu par l'homme [20]. Lequel renforce, atténue ou supprime entièrement les effets du changement climatique sur ces derniers. La mauvaise connaissance de ce processus par la population, au contraire, renforce l'hétérogénéité, la fragmentation et le nombre d'écosystème du paysage tout en diminuant la couverture forestière, la biodiversité et les services écosystémiques.

La population autochtone de Bombo Lumene, reconnait que la dégradation de cette biocénose est due à l'activité anthropique. Ces résultats corroborent ceux observés pour une grande partie des forêts de la République Démocratique du Congo où l'agriculture sur brûlis, la carbonisation artisanale, la collecte des bois de feu pour approvisionner le marché local et celui de grands centres urbains causent la déforestation à petites échelles [1]. Bombo Lumene n'est pas épargné de ces activités et de leurs impacts.

Cette population riveraine énumère, par ordre décroissant, *Caloncoba welwitschii* (Oliv.) Gilg.- syn. *Oncoba welwitschii*), *Millettia laurentii* De Wild*., Berlinia giorgii* De Wild. var.gilletti (De Wild.) Hauman, *Hymenocardia ulmoides* Oliv*., Elaeis guineensis* Jacq*., Pentaclethra eetveldeana* De Wild.et T.Durand*, Lannea antiscorbutica* (Hiern.) Engl., *Alchornea cordifolia (Schum.&Thonn.)* Mûll.Arg*., Chaetocarpus africanus* Pax *et Olax subscorpioidea* Oliv*. c*omme espèces de la forêt qui colonisent, transforment, créent des cellules forestières par agrégation et percolation et font évoluer la complexité des habitats herbacés vers celles de la forêt à partir de la lisière.

En somme ces résultats révèlent des indices d'une transformation de la complexité des conditions des habitats herbacés vers celle de la forêt. La biocénose et le biotope, modifiés par l'implantation de nombreuses espèces de la forêt dans les habitats herbacés à la lisière, évoluent par transformation continue vers la forêt dans plusieurs stations. C'est qui est confirmée par l'observation sur terrain en dépit des quelques actions destructrices enregistrées.

Plusieurs travaux d'ailleurs mentionnent la transformation des formations herbacées en forêt dans le continent. [21], en se référant à quelques écrits énumèrent notamment le cas en 2016 en République Démocratique du Congo, en République du Congo et en Afrique de l'Ouest. En 1994, [22], en se basant sur les travaux récents, ont mis en évidence cette tendance d'implantation d'espèces de la forêt à la formation herbacée en plusieurs points de la région africaine. C'est notamment, en République centrafricaine, au Cameroun, en RDCongo, au Nigéria et au Ghana. En Côte d'Ivoire, il a été observé la tendance à l'augmentation du couvert végétal ligneux à la formation herbacée de Lamto réserve écologique de « V.Baoulé » mis en protection contre les feux depuis deux décennies [22]. Il a aussi signalé qu'en 1998, au Cameroun en Afrique centrale, la vitesse de progression de la forêt (en 40 ans d'observation) est de 0,6 à 2 m par an dans la région et à l'échelle locale de 0 et plus de 19 m.

En effet, dans plus d'un cas, la formation herbacée n'est rien d'autre que la partie de la forêt qui a subi des perturbations avant de se différencier du reste [23]. La dynamique de ces deux formations (forêt et formation herbacée) se fait, généralement, en faveur de la forêt

par l'enrichissement de la formation herbacée par les espèces compétitives et agressives de la forêt [24]. A BomboLumene, ces espèces (de la forêt), après leur migration et après avoir réussi la compétition dans les habitats herbacés, s'y installent et influencent ces biotopes à transformer leurs conditions écologiques, comme dit plus haut, vers les habitats plus complexes de la forêt. Ce qui est conforme au processus normal repris dans plus d'une théorie de l'évolution [25].

La perturbation créée par ces incendies et déboisements pousse à un envahissement de la forêt par la formation herbacée dans certaines stations de ce site. Du reste, il a déjà été mis en exergue l'ampleur et la complexité que présentent les apports du contact forêt-formation herbacée en Afrique [22]. Mais modérée, cette perturbation peut créer des espaces de percolation des espèces pionnières. Les tâches agrégées et les corridors forestiers formés, le plus souvent, renforcent et élargissent le matrix de la tache forêt.

Cette évolution des conditions écologiques des habitats herbacés vers celles de la forêt se fait soit de proche en proche entre les habitats adjacents soit par de petits bonds entre habitats extrêmes de la lisière [26]. Ceci peut s'expliquer par les conditions de dissémination des diaspores et édaphoclimatiques dans ces habitats et aussi par la situation géographique de chacun de ces habitats par rapport à la forêt. Par le fait que l'émigration des plantes de la forêt dans les habitats herbacés se fait par les diaspores qui arrivent de l'extérieur vers les biotopes ouverts [27].

A BomboLumene, la vitesse du vent, la présence de nombreux oiseaux et mammifères qui se nourrissent des fruits et de leurs graines et les modes de dissémination intrinsèques de différents types d'espèces végétales facilitent cette dynamique tant recherchée par la politique de [28].

Une réelle appropriation des acquis des savoirs endogènes sur les impacts des actions anthropiques et agents de dissémination des diaspores sur la dynamique de la forêt au paysage de BomboLumene par les différents acteurs serait un atout majeur pour la réussite de cette politique et Plan directeur de l'ICCN et du retour à l'état de référence de l'ensemble du paysage du bassin du Congo.

5 CONCLUSION

Une étude par enquête a été conduite auprès de la population autochtone de BomboLumene. Les savoirs endogènes ont fourni des éléments importants de l'impact des activités humaines sur la dynamique de cette biocénose. Elle a révélé aussi les agents de dissémination des diaspores qui soutiennent ce processus. Il s'agit notamment du feu de brousse et de la déforestation, pour diverses raisons, qui crée des perturbations, le mode intrinsèque de dissémination des diaspores, le vent, la présence des oiseaux et des mammifères assurent facilitent la percolation. La bonne gestion et le respect de la législation qui régit ce site permettront sûrement une dynamique plus poussée de ce paysage vers un écosystème forêt plus homogène sur des étendues importantes et de fait une bonne qualité de l'environnement et de la vie de la population.

REMERCIEMENTS

Sincères remerciements à l'ICCN et ARES/UNIKIN pour leur soutien respectivement l'hébergement à Bombo Lumene et la rédaction de la Thèse dans la salle leur confiée à l'UNIKIN.

REFERENCES

[1] Cabala K., Useni S., MuanaYamba A., Munyemba K., Bogaert J. ''Activités anthropiques et dynamique des écosystèmes forestiers dans les zones territoriales de l'Arc Cuprifère Katangais (RDCongo)'', Tropicultura (en ligne). Vol.40(3/4), n° 2022. URL :https:// popus.uliege.be/2295-8010/index.php ?id=2100.

[2] Makumbelo E.C., Lukoki L.F., Belesi K.H. : Caractéristiques écologiques, Evolution et Régénération naturelle de forêts Réserve et Domaine de Chasse de Bombo-Lumene (Kinshasa-R.D.Congo), Editions Universitaires Européennes - EUE Berlin, 2023 .

[3] Makumbelo E., Lukoki L., Bikoko E., ''Enquête Ethnobotanique à Kinshasa et carte Ethnophytogéographique sur trois espèces de Burceraceae''. Revue du C.R.I.D.U.P,N., n°066 C Janvier-Mars 2016 , Presses de l'Université Pédagogique Nationale pp 21-36, 2016.

[4] Makumbelo E., Lukoki L., Bikoko E.'' Pratiques traditionnelles de gestion durable des espèces végétales utiles : Cas de la savane de Kinshasa, RD Congo''. Congo Sciences, Vol. 6, n° 2 : 108-114, 2018.

[5] Dounias E., Wanderley R., Petit C. ''Revue de la littérature Ethnobotanique pour l'Afrique centrale et l'Afrique de l'Ouest'', Bulletin du Réseau d'Ethnobotanique, UNESCO, n°2, pp 5-117, 2000.

[6] Wong J.L., Thormber K., Baker N. : 13 Evaluation des ressources en produits forestiers non ligneux. Expériences et principes de la biométrie Produits forestiers non ligneux FAO, Rome, 2001.

[7] Dongock Nguemo D., Foko J., Pinta J.Y., Ngouo L.V., Tchoumboue J., Zango P. '' Inventaire et identification des plantes mellifères de la zone soudano-guinéenne d'altitude de l'Ouest du Cameroun'', Tropicultura, Vol. 22, n°3, pp 139-145, 2004.

[8] Obaré Badago : Savoirs endogènes et défis de la modernité scientifique- Réflexion d'un archéologue. L'ancien et nouveau la production du savoir dans l'Afrique d'aujourd'hui (Sous la direction de Paulin J. Hountondji), Centre Africain des Hautes Etudes, Cotonou, 2009.

[9] UICN/PACO - Union Internationale pour la Conservation de la Nature/ Programme Afrique Centrale et Occidentale : Parcs et réserves de la République Démocratique du Congo : évaluation de l'efficacité de la gestion des aires protégées, Ouagadougou, 2010.
[10] FAO. : Manuel d'inventaire forestier Etudes de la FAO Forêt 27, FAO, Rome, 1981.
[11] Ekofo S. ''Introduction aux techniques de tirage des échantillons dans les enquêtes socio-économiques'', Cahier zaïrois de recherche en Sciences humaines, Vol.1, n° 1, pp 163-181, 1989.
[12] Essanga T. ''L'enquête par sondage à partir d'un questionnaire appliqué à la recherche en éducation'', Cahier zaïrois de recherche en Sciences humaine, Vol. 1, n°1, pp 184-191, 1989.
[13] Banea M. : Etude des facteurs de motivation des mères sur la fréquence et le non fréquentation à la consultation préscolaire, Rapport CEPLANUT, Kinshasa, 1988.
[14] Muluma M.G.T. : Le guide du chercheur en Sciences sociales et humaines Les Ed. SOGEDES, RDC, Kinshasa, 2003.
[15] Makumbelo E., Lukoki L., Paulus J., Luyindula N. '' Inventaire des espèces végétales mises en culture dans les parcelles en milieu urbain Cas de la commune de Limete RDC'', Tropicultura*,* Vol*.* 20, n°2, pp. 89-95, 2002.
[16] Makumbelo E., Paulus J., Lukoki L., Luyindula N. ''Apport des arbres fruitiers à la sécurité alimentaire en milieu tropical : Cas de la Commune de Limete-Kinshasa République Démocratique du Congo'', Tropicultura*,* Vol*.* 23, n° 4, pp 245-252, 2005.
[17] Makumbelo E., Lukoki L., Paulus J., Luyindula N. ''Stratégie de valorisation des espèces ressources des produits non ligneux de la savane des environs de Kinshasa I Enquête ethnobotanique'', Tropicultura, Vol. 25, n°1, pp 51-65, 2007.
[18] Makumbelo E., Lukoki L., Paulus J., Luyindula N.'' Stratégie de valorisation des espèces ressources des produits non ligneux de la savane des environs de Kinshasa II Enquête ethnobotanique Aspects médicinaux'', Tropicultura, Vol.26, n°3, pp 129-133, 2008.
[19] Gouvernement du Chili. ''La désertification dans la région de Coquimbo, Chili'', l'UNESCO, le PNUE et le PNUD, Etudes de cas sur la désertification, pp 52-117, 1983.
[20] Gouvernement de Tunisie, ''Désertification dans la région d'Oglat Merteba, Tunisie'', L'UNESCO, Le PNUE et le PNUD, Etudes de cas sur la désertification, pp11-51, 1983.
[21] Lubalega T.: Evolution naturelle des savanes mises en défens à Ibi village sur le plateau de Bateke en RDCongo. Thèse de doctorat, Université de Kinshasa, Faculté des Sciences agronomiques, 2016.
[22] YoutaHappi J., Achoundong G., Bonvallot. ''Rôle de *Chromolaena odorata* dans la dynamique actuelle de l'avancée de la forêt sur la savane'' Atelier ECOFIT, Dynamique à long terme de la limite forêt-savane ORSTOM / CNRS / MNHN, Yaoundé, 14 – 15 novembre, 1994.
[23] Ramade F. : Elément d'écologie Ecologie appliquée, court Licence, Master, Ecole de l'Ingénieur (6e Ed.) Dunod, Paris, 2005.
[24] Makany L. : Végétation des Plateaux Teke (*Congo*), Coll. Travaux de l'Université de Brazzaville, Brazzaville, 1976.
[25] Dajoz R. : Précis d'écologie, Dumond, Paris, 2000.
[26] Makumbelo E., Lukoki L., Belesi K., Lungiambudila O., Lejoly J. ''Valorisation de la lisière forêt-savane : Caractéristiques et Evolution à Bombo Lumene (RD Congo)'', Congo Sciences, Vol*.* 8, n°2, pp 126-134, 2020.
[27] New Man A.: Les forêts tropicales-Comment les sauver ? Traduction de Lerant P. Larousse, Paris, 1990.
[28] ICCN. : Politique et Plan directeur de recherche de l'Institut Congolais pour la Conservation de la Nature en sigle ICCN, Inéd., Kinshasa, 2011.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 845-864
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Valorisation des espèces végétales ligneuses et des perceptions du changement climatiques à Kirtachi, Niger

[Valuation of woody plant species and perceptions of climate change in Kirtachi, Niger]

Idrissa Ali[1], Moussa Mamoudou Boubacar[2], Amadou Issoufou Abdourahimou[2], Biga Ibrahim[1], Soukaradji Barmo[1], Abdou Amani[1], and Moussa Allassane Rabiou[1]

[1]Institut National de la Recherche Agronomique (INRAN), BP 429 Niamey, Niger

[2]Université de Diffa, BP 78 Diffa, Niger

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

ABSTRACT: This study focuses on the valorization of woody plant species and local communities' perceptions of climate change, in a context marked by declining rainfall, rising temperatures, and land degradation. Conducted in the rural commune of Kirtachi, the study aims to assess the different forms of use of plant species and vegetation formations, as well as farmers' perceptions of climate change. Household surveys were carried out with 182 farming households across 20 villages. The results revealed an overall species richness of 86 species belonging to 29 families and 56 genera. Fabaceae was the most represented family (28.75%). Species richness was distributed across the surveyed formations, with 51 species recorded on plateaus, 34 in agroforestry parklands, and 32 within villages. Based on a preferential ranking established by farmers according to socio-economic and ecological benefits, 34 species were identified as priority species. Ten (10) main categories of woody plant use were identified: shade provision, fuelwood, food, soil fertility improvement, traditional medicine, fodder, service wood, windbreaks, construction, and trade. Climate change is perceived by local communities as a slight increasing trend in rainfall and temperature (XX%) and a slight decrease in wind intensity (XX%). According to 84.7% of respondents, these climatic stresses have resulted in reduced agricultural yields. In response, farmers implement a range of adaptation strategies, including physical and biological soil and water conservation measures, soil fertility management, agroforestry practices, livelihood diversification, and integrated production systems, thereby strengthening the resilience of both communities and ecosystems.

KEYWORDS: valorization, woody plant species, climate change, farmers' perception.

RESUME: Le contexte de l'étude est la valorisation des espèces végétales ligneuses et la perception du changement climatique par les populations locales, qui sont confrontées à des phénomènes tels que la diminution des précipitations, l'augmentation des températures et la dégradation des sols. La présente étude conduite dans la commune rurale de Kirtachi a pour objectif d'évaluer les formes d'utilisation des espèces végétales et des formations végétales ainsi que la perception du changement climatique. Des enquêtes ont été menées auprès de 182 ménages agricoles réparties dans 20 villages. L'analyse des résultats a permis de ressortir une richesse spécifique globale de 86 espèces regroupées dans 29 familles et 56 genres. La famille des Fabaceae est la plus représentée en espèces (28,75%). Cette richesse spécifique est répartie dans les formations contactées de plateau (51 espèces) dans les parcs agroforestiers (34 espèces) et dans les villages (32 espèces). A l'issu d'une classification préférentielle des espèces faite par les paysans sur la base de leur avantage socioéconomique et écologique, 34 d'entre elles sont montrées importantes. Dix (10) types d'utilisation des ligneux à savoir: ombrage, bois d'énergie, alimentation, fertilisation de sol, médecine traditionnelle, fourrages, bois de service, brise vent, construction et commercialisation ont été enregistrés. Par ailleurs le changement climatique est perçu par les communautés à travers une tendance légère en hausse de la pluviométrie et de la température (XX%) et une tendance légère en baisse des vents (XX%) Ces aléas climatiques ont occasionné une baisse de rendement agricole selon 84,7% de personnes enquêtées. Face à cette situation, les paysans ont recours aux différentes stratégies (conservation physique et biologique des eaux et des sols, gestion de la fertilité des sols, agroforestières, activités extra-agricole, exploitation intégrée, etc.) que les communautés et les écosystèmes deviennent encore plus résilient.

MOTS-CLEFS: valorisation, espèces végétales, climat, perception paysanne.

Corresponding Author: Idrissa Ali

1 INTRODUCTION

Les changements climatiques sont de nos jours un sujet de préoccupation mondiale et représentent une menace de plus en plus perceptible pour la viabilité des ménages ruraux d'Afrique subsaharienne où les communautés tirent l'essentiel de leurs subsistances de l'exploitation des ressources naturelles [1]. Au Sahel et en Afrique de l'Ouest de nombreuses études ont mis en exergue la vulnérabilité des écosystèmes face aux effets de changements climatiques ([2]; [3]).

La majorité des paysages de notre planète est actuellement transformée par les activités humaines pour répondre aux besoins socio-économiques des populations [4]. Ces ressources contribuent à la satisfaction des besoins alimentaires, nutritionnels et énergétiques des populations. Elles jouent d'une part un rôle déterminant dans le cadre de régulation des effets de serre (séquestration du carbone) et l'approvisionnement des biens et services (bois d'énergie, alimentation,…) fournis aux communautés [5].

Très riche et diversifié en ressources végétales, le Niger est un pays où l'essentiel de ses ressources ligneuses sont concentrées dans la partie Sud-Ouest [6]. Il dispose d'une superficie forestière estimée à 16 millions d'hectares, dont 11.600.000 ha de terres forestières marginales et 440.000 ha aménageables [7]. Cette situation continue à fragiliser d'avantage l'économie rurale et à amenuir la fertilité du sol. Avec une telle allure, l'humanité vit dans un monde incertain, tout en mettant en péril la vie des milliards de personnes.

Les risques climatiques tels que la forte variabilité pluviométrique, les sécheresses intenses ont gravement affecté les ménages agricoles [8]. Malheureusement, ces ressources sont sévèrement menacées par les actions anthropiques engendrant des conséquences énormes sur la vie quotidienne de la population. Les effets conjugués de ces actions sur les ressources contribuent à la rupture de l'équilibre naturel au sein de l'écosystème terrestre [9]. Ces besoins fondamentaux de la majorité de la population sont directement ou indirectement satisfaits à grande échelle par l'exploitation de la formation forestière [10].

Selon [11], les conséquences du changement climatique sur les économies des pays d'Afrique sont déjà considérables, et la situation pourrait être encore plus désastreuse vu les prédictions d'augmentation des fréquences d'évènements extrêmes avec le réchauffement climatique ([12]. Les conséquences du changement climatique ont un impact négatif sur l'agriculture, l'élevage et les ressources naturelles ([2]; [13]; [14]; [3]) sur lesquels repose l'essentiel des économies des pays sahéliens. Ces changements se manifestent par une diminution des précipitations, une augmentation de leur variabilité et de la fréquence des phénomènes météorologiques extrêmes [15]. Les sécheresses et les inondations entraînant une baisse des rendements agricoles, un risque accru de famine et une dégradation des sols ([14]; [16]; [15]; [17]).

Dans les pays en voie de développement, de nombreuses études ont mis en exergue la perception du changement climatique par les populations locales ([8]; [18]; [19]). La perception des effets de changements climatiques par les paysans est un préalable à l'adaptation [20]. Pour [21], la perception est un prérequis à l'adaptation, puisqu'il faut percevoir avant de s'adapter.

C'est dans cette optique que se situe l'intérêt de cette étude qui vise à: i) Identifier les pratiques locales de valorisation des espèces végétales; ii) Évaluer la perception paysanne du changement climatique; iii) Identifier les liens entre valorisation végétale et adaptation climatique. Les informations issues de cette étude permettront d'informer les décideurs sur les besoins des communautés rurales face au changement climatique et d'encourager des projets de conservation de la biodiversité végétale dans la commune de Kirtachi.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

La commune rurale de Kirtachi est située à 75 km du département de Kollo, dans la région de Tillabéri. Elle est comprise entre les latitudes 12° 20 N et 13° 50 N et longitudes 02°20 E et 2° 45 E (figure 1). Elle couvre une superficie de 1114 km^2. Elle est limitée au nord par les communes rurales de Kouré et Fakara, au sud par le Parc régional du W Niger, à l'est par les communes rurales de Falmeye et Fabidji, à l'Ouest par la commune urbaine de Say et la commune rurale de Tamou. Elle est en grande partie située dans la réserve partielle de faune de Dosso et dans la zone de transition du plateau de Kouré et la rive gauche du fleuve Niger et correspond aux espaces les plus anthropisés.

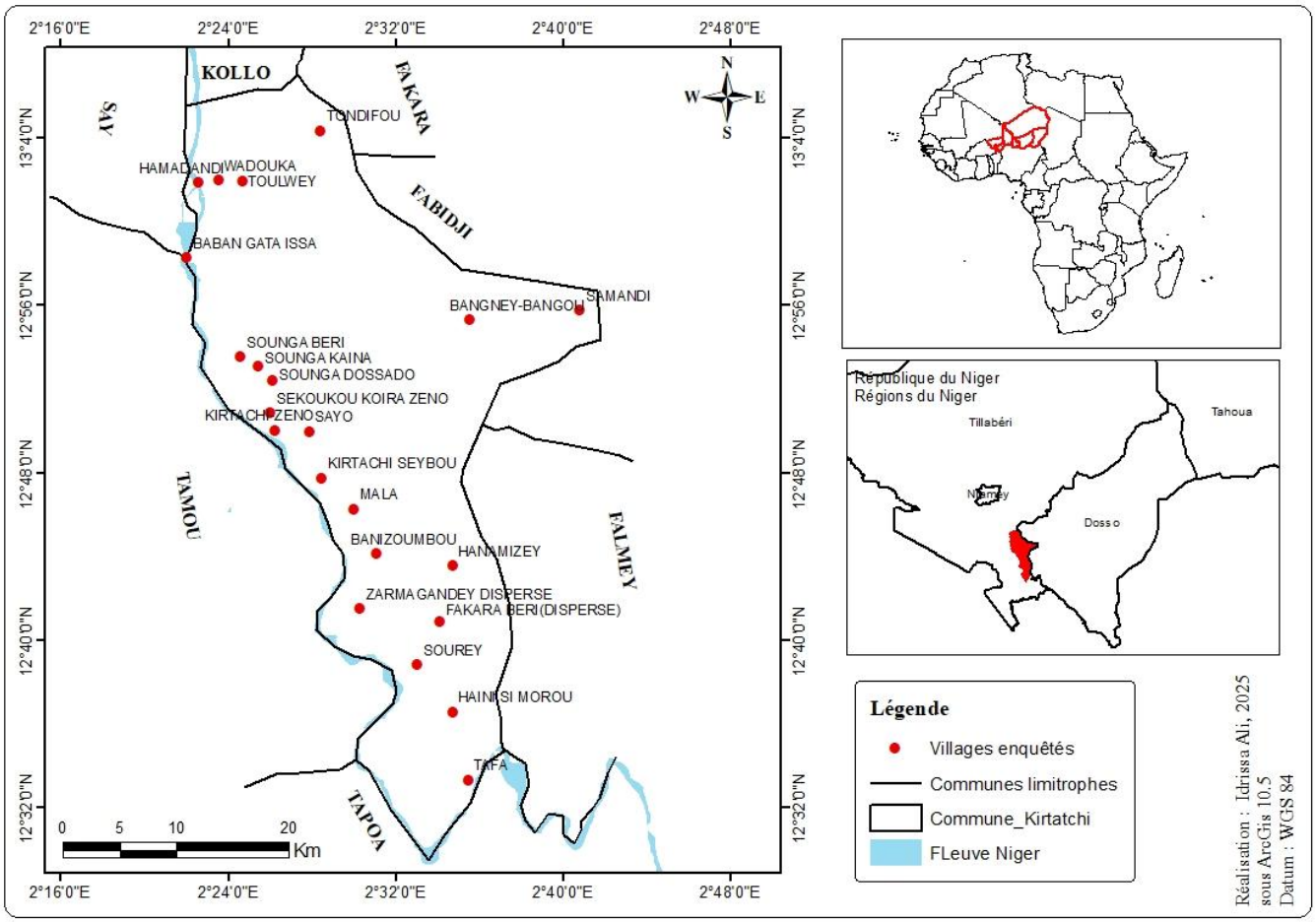


Fig. 1. Localisation de la commune rurale de Kirtachi

SITUATION SOCIOÉCONOMIQUE

La commune rurale de Kirtachi compte 28 villages administratifs et 62 hameaux rattachés. Sa population est estimée selon la projection de 2021 à 54854 habitants dont 50,55% de femme et 49,45 d'homme [22].

Elle est soumise à un climat de type sahélo-soudanien caractérisé par une longue saison sèche et une courte saison des pluies. Les principales activités socioéconomiques qu'exerce la population sont: (i) l'agriculture, (ii) l'élevage, (iii) l'exploitation forestière (bûcheronnage et produits forestiers non ligneux), (iv) la pêche, (v) le commerce et (vi) l'artisanat [23].

La commune couvre une superficie 38221 ha de formation forestière (brousse tigrée, savane, formation arbustive sur affleurement rocheux et cordon ripicole), soit 44% de l'occupation du sol [24] avec une flore compose de plusieurs types de végétations. La faune des terroirs villageois se résume seulement à quelques rares espèces [23].

La commune est soumise à un climat de type sahélo- soudanien caractérisé par une longue saison sèche et une saison des pluies. La moyenne annuelle de la pluviométrie enregistrée de 1990 à 2023 s'élève à 569,26 ± 113,97 mm et une température moyenne annuelle 46,29°C.

La couverture pédologique de la zone d'étude regroupe trois grands types de sols: (i) les sols peu évolués qui regroupent les sols peu évolués d'origine climatique et les sols peu évolués d'origine non climatique sur matériaux gravillonnaires; (ii) les sols ferrugineux tropicaux qui sont essentiellement constitués de sols ferrugineux non ou peu lessivés sur sables, les sols ferrugineux lessivés à concrétions, les sols ferrugineux non ou peu lessivés associés à des sols ferrugineux; (iii) Les sols hydromorphes de bas-fonds, mares, et cuvettes relativement plus riches en matières fertilisantes et plus aptes à des actions d'intensification [25].

2.2 METHODOLOGIE

2.2.1 ECHANTILLONNAGE

Pour la collecte des données sur les pratiques de valorisation des espèces végétales et des perceptions climatiques des enquêtes ont été conduites auprès des ménages. Un échantillon de 182 ménages agricoles regroupés dans 20 villages a été retenu. La formule utilisée dans le cadre de cet échantillonnage est celle de [26], donnée comme suit:

$n = [(U_{1-\alpha/2})^2 p(1-p)/d]^2$

Où n est la taille de l'échantillon requise et $U_{1-\alpha/2} = (1,96 \approx 2)$ traditionnellement avec un taux de confiance de 95%; p est la proportion de la population estimée présentant les caractéristiques étudiées lorsqu'elle est inconnue. Elle a été estimée à 50%.

2.2.2 COLLECTE DES DONNEES SUR LA PERCEPTION CLIMATIQUE

Les données sur la perception climatique ont été collectées en deux phases. La première phase a consisté en des entretiens de groupes (focus groupe) (photos 1 et 2). La deuxième phase a consisté à l'administration de questionnaire individuel auprès de 182 personnes. Cette phase comporte plusieurs types de questions (fermées et ouvertes).

Les informations collectées ont concerné la diversité ligneuse, la régénération, les principales utilisations des espèces et leur utilité, les espèces en voie de disparition, la dégradation du couvert végétal, les pratiques d'amélioration de la fertilité des sols, et les impacts potentiels du changement climatique sur les paramètres climatiques et biophysiques et les stratégies paysannes d'adaptation au changement climatique (photos 3 et 4).

Photo 1. Focus groupe village Mala

Photo 2. Focus groupe village Samandi

Photo 3. Entretien individuel à Tondifou

Photo 4. Entretien individuel à Samandi

2.2.3 DONNEES CLIMATIQUES

Le recours à la station météorologique de Dosso est dû à la non disponibilité des données pluviométriques de la commune de Kirtachi sur une période au moins de 30 ans. Les données de vent et température de la station météorologique de l'Aéroport international de Niamey sont retenues sur la base des critères selon lesquels ces types de stations peuvent couvrir des localités sur un rayon de 100 km sans obstacles (montagnes et collines de hautes altitudes [27].

2.2.4 TRAITEMENT ET ANALYSE DE DONNEES

Des statistiques descriptives ont été réalisées en termes de pourcentage, et de fréquence des données d'enquête. Les données climatiques ont été appréciées grâce aux anomalies standardisées suivant la méthode de [28] permettant de caractériser la tendance de certaines variables (le cumul pluviométrique, la durée de la saison pluvieuse, les températures maximales et minimales, et la vitesse du vent). Cet indice est calculé par la formule suivante:

$I = (Xi-Xmoy) /\delta$

où Xi est l'observation de l'année i, Xmoy la moyenne de la série des années et δ l'écart type de la série pour le vent et la température et pour la pluviométrie. Ces données ont été traitées et analysées avec les logiciels: Excel, Sphinx et SPSS version 20.0.

3 RESULTATS

3.1 RICHESSE SPECIFIQUE

Les résultats de l'analyse de données issus de l'enquête ethnobotanique à fait ressortir une diversité ligneuse globale de 60 espèces, 29 familles et 49 genres.

Cependant, la plus grande partie de cette richesse est concentrée selon la population, dans les formations végétales notamment les brousses tigrées qui constituent les grands réservoirs d'arbres pour population de la zone avec 51 espèces reparties en 26 familles et 42 genres.

Dans les parcs agroforestiers, notamment les champs, la population témoigne de la présence de 33 espèces réparties dans 21 familles et 34 genres. La végétation dans les domestiques totalise 32 espèces réparties dans 18 familles et 29 genres dominée par les espèces exotiques.

Les familles les plus représentées en espèces sont les Fabaceae selon 28,74% d'enquêtés, les Combretaceae (11,49%), les Caparaceae (6,90%) et les Rubuaceae (5,75%) (figure 2).

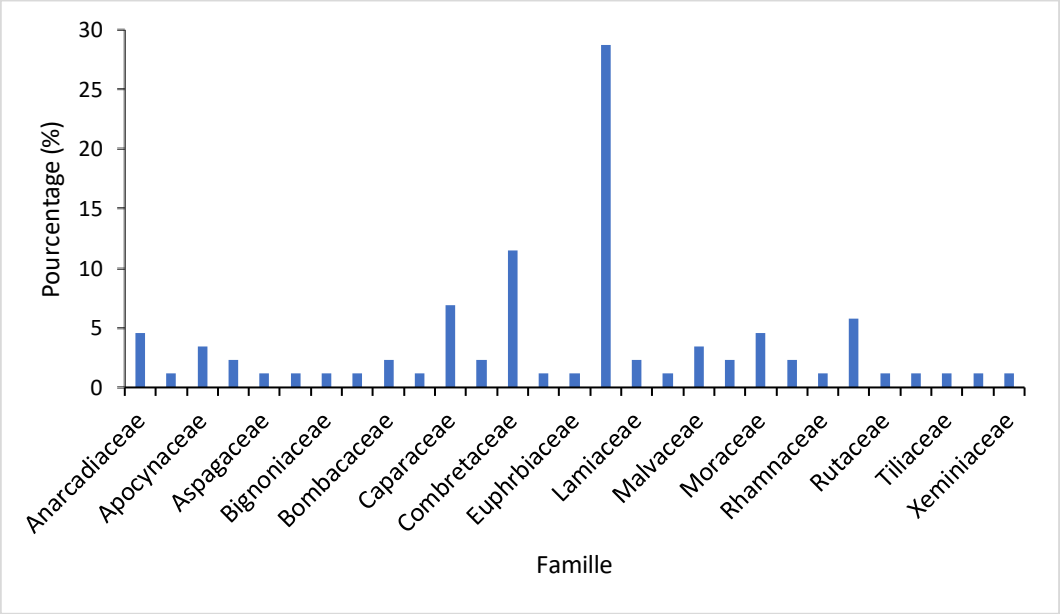


Fig. 2. Richesse floristique

3.2 VALORISATION DES ESPECES LIGNEUSES

Usage des ligneux dans la vie socioéconomique

Les résultats de l'analyse descriptives relatifs à la valorisation des espèces ligneuses ressortent, dix (10) types d'utilisations des espèces ligneuses dans le cadre de la satisfaction des besoins socioéconomiques de la population.

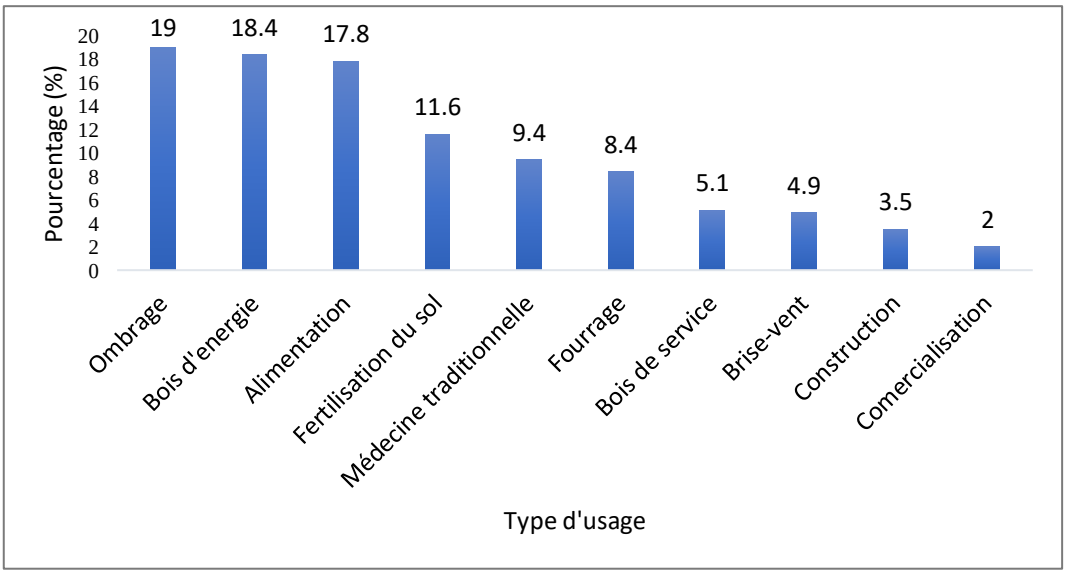


Fig. 3. Type d'usages des espèces ligneuses

Les espèces ligneuses les plus utilisées pour les usages locaux, selon les enquêtes, Certaines espèces pour divers usages, bien que leur utilisation varie selon les groupes ethniques et les localités.

Tableau 1. Type d'usage et espèces utilisées

Type d'usage	Espèces
Ombrage	*Azadiracha indica*
	Eucalyptus camaldilensis
	Adansinia digitata
	Kigelia africana
	Manguifera indica
	Terminalia mentaly
Bois énergie	*Combretum micranthum*
	Guiera senegalensis
	Combretum glutinosum
	Piliostigma reticulatum
Consommation humaine	*Adansinia digitata*
	Neocarya macrophylla
	Vitex doniana
	Moringa oleifera
	Tamarindus indica
	Sclerocarya birrea
Fertilisations des sols	*Faidherbia albida*
Médecine traditionnelle	*Khaya senegalensis*
	Cassia sieberiana
	Boswellia adorata
	Kigelia africana
	Prosopis Africana
	Securidaca longipedunculiata
Fourrage	*Prosopis africana*
	Faidherbia albida
Bois de services	*Piliostigma reticulatum*
	Borassus aethipum
	Prosopis africana
	Sclerocarya birrea
	Azadiracha indica
Brise-vent et RNA	*Guiera senegalensis*
	Combretum micranthum
	Combretum glutinosum
	Piliostigma reticulatum
Construction	*Combretum micranthum*
	Guiera senegalensis
	Combretum glutinosum
	Calotropis procera
	Eucalyptus camaldilensis
	Borassus aethipum

CLASSIFICATION PRÉFÉRENTIELLE DES ESPÈCES EN VOIE DE DISPARITION

Au total, 28 espèces sont déclarées en voie de disparition ou menacée de disparition. L'espèce la plus sollicitée est *Adansonia digitata avec* un taux de préférence (24,17%). Cette préférence est liée à la forte demande de ses feuilles et fruits qui sont destinés directement à la consommation humaine.

Elle est suivie par *Khaya senegalensis* avec 11,48%, grâce à sa forte demande dans le traitement de certaines maladies en médecine traditionnelle. *Prosopis africain* avec (8,76%), pour son fourrage aérien (feuilles et gousses) de qualité et pour la conception du bois d'œuvre.

Kigelia africana, une espèce fortement domestiquée dont le taux de préférence s'élevé à 8,16% grâce à sa capacité d'ombrage et son utilisation en médecine traditionnelle. *Faidherbia albida,* avec un taux de préférence de 6,95%, cette espèce est garante de la fertilité du sol. *Vitellaria paradoxa* avec un taux de 6,34%, ses fruits sont utilisés dans la fabrication du beurre de karité, ainsi utilisé dans la production des produits cosmétiques (figure 5).

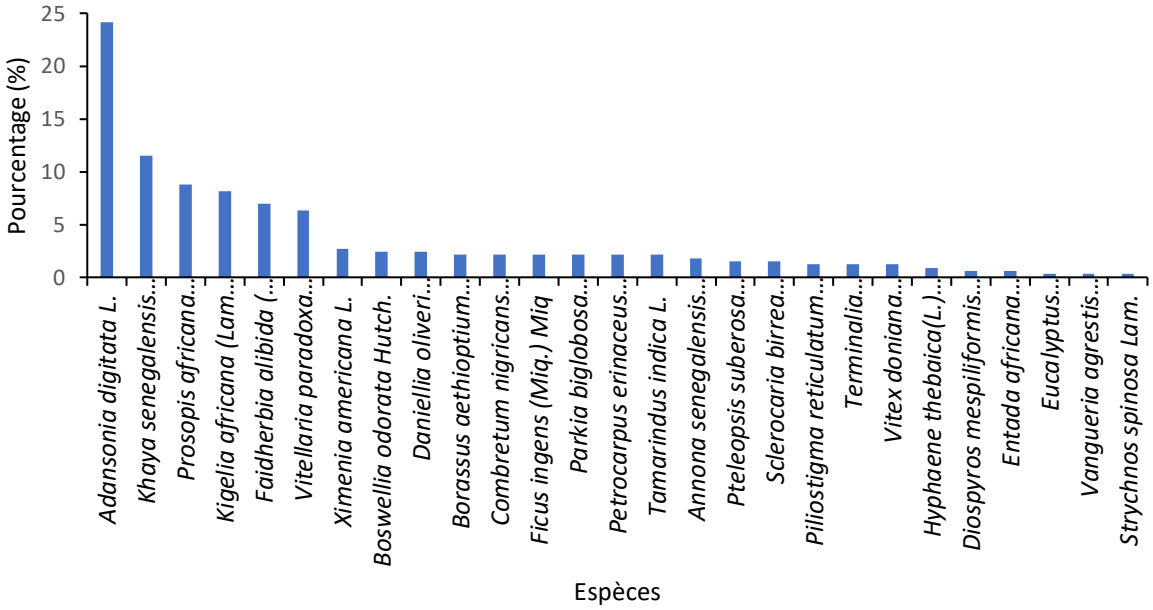


Fig. 4. Classification préférentielle des espèces en voie de disparition

CLASSIFICATION DES ESPÈCES PAR ORDRE DE RÉSISTANCE AU LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Environ 33 espèces sont indiquées résistantes contre changement climatique par la population grâce à leur capacité de supporter le stress hydrique selon (87%). D'autres affirment qu'elles sont résistantes grâce à leur régénération naturelle facile même après la coupe (2, 2%).

C'est ainsi qu'une proportion de 8,7% pensent qu'elles sont résistantes parce qu'elles s'adaptent aux conditions naturelles du milieu. Parmi ces espèces, les plus résistantes sont: *Piliostigma reticulatum (23,95%), Guiera senegalenesis (14,99%), Balanites aegyptiaca (9,69%), Combretum micranthum (9,51%)* (figure 6).

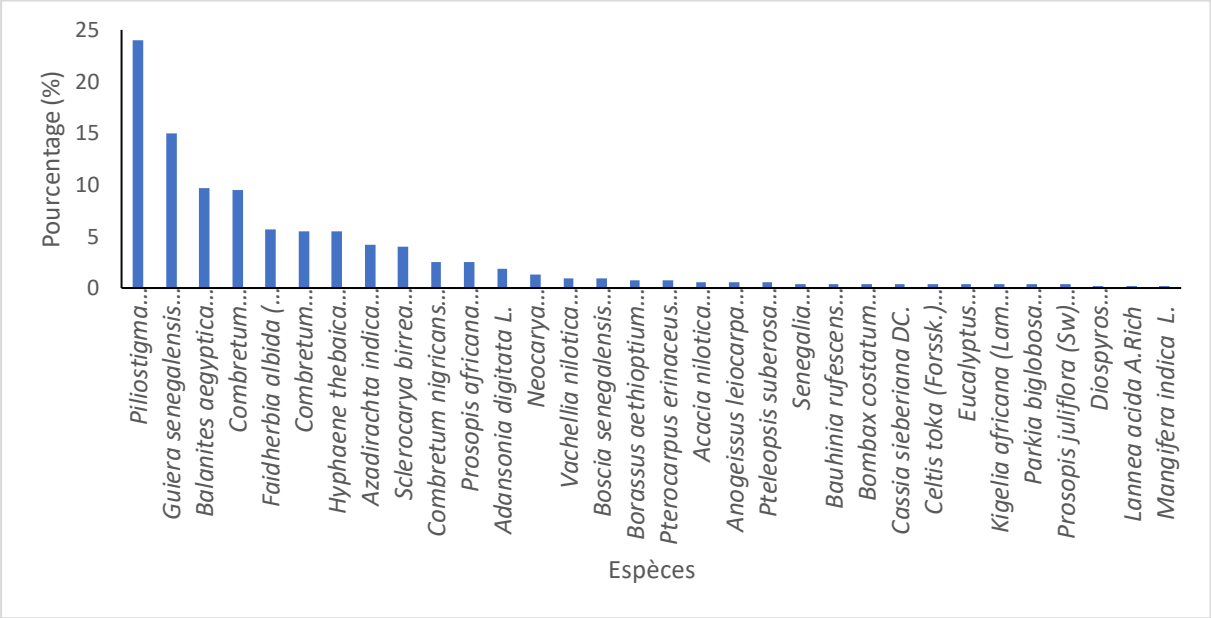


Fig. 5. Classification des espèces par ordre de résistance face au changement climatique

3.3 MENACES

MENACES ANTHROPIQUES

La plus grande menace qui pèse sur la diversité ligneuse reste celle de l'anthropisation occasionnée par la pression démographique. Cette dernière expose la population à un problème d'insuffisance et d'appauvrissement de terre, une situation face à la quelle, la population n'a d'autres choix que de procéder aux défrichements des parties boisées de la zone pour l'extension des champs qui occasionne la disparition complète de certaines espèces végétales ligneuses (87%).

Par ailleurs les besoins de la population en matière de bois de d'énergie, de service, en médecine traditionnelle, accentuent la dégradation de certaines espèces fortement prélevées. Selon la population, cette zone était dans le passé très riche en termes de diversité de couverture ligneuse. Mais, elle est aujourd'hui dans un état de dégradation avancée.

Photo 5. Défrisement de la végétation

Photo 6. Prélèvement de Bois d'énergie

MENACES CLIMATIQUES

Bien qu'il soit conditionné par les actions anthropiques, le changement climatique impacte aussi sur le développement de la végétation et contribue à la réduction de certaines espèces qui supportent mal le strique hydrique. Même si ce phénomène n'est pas le résultat de la disparition de certaines espèces, il contribue fortement à les fragiliser.

3.4 REGENERATION DES ESPECES

Ainsi, la régénération rapide des ligneux repose sur la capacité de certaines espèces à proliférer vite via des rejets et graines, à s'adapter aux conditions environnementales sévères, et sur des pratiques comme la régénération naturelle assistée qui maximisent ce potentiel écologique. L'analyse des données ressort les espèces qui ont une forte capacité de régénération dans la zone d'étude (figure 7).

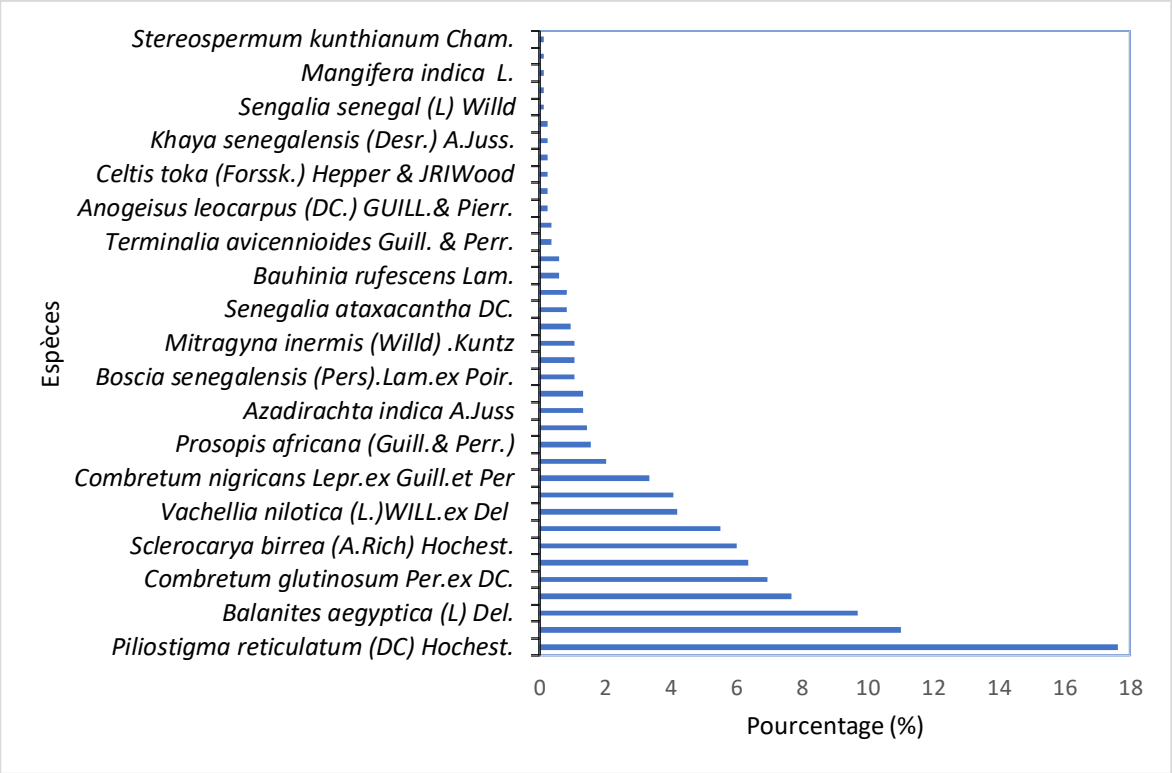


Fig. 6. Classification par ordre des espèces facilement régénérées

3.5 ANALYSE DES DONNEES CLIMATIQUES

Les causes principales ressorties lors de l'interview auprès de la population, sont la déforestation à travers le déboisement, la dégradation des terres, l'expansion démographique, le changement de saison de pluie, de température et du vent. Pour évaluer la variabilité climatique, trois principaux paramètres ont été analysés. Il s'agit de la pluviométrie, la température et le vent.

3.5.1 PLUVIOMETRIE

L'analyse de données pluviométriques a fait ressortir une variabilité interannuelle au cours de la période de 1961 à 2024. La moyenne annuelle du cumul pluviométrique de cette série chronologique est de 570,8 mm avec un écart type de 125 mm et un coefficient de variation de 22,05 %. (Figure 8).

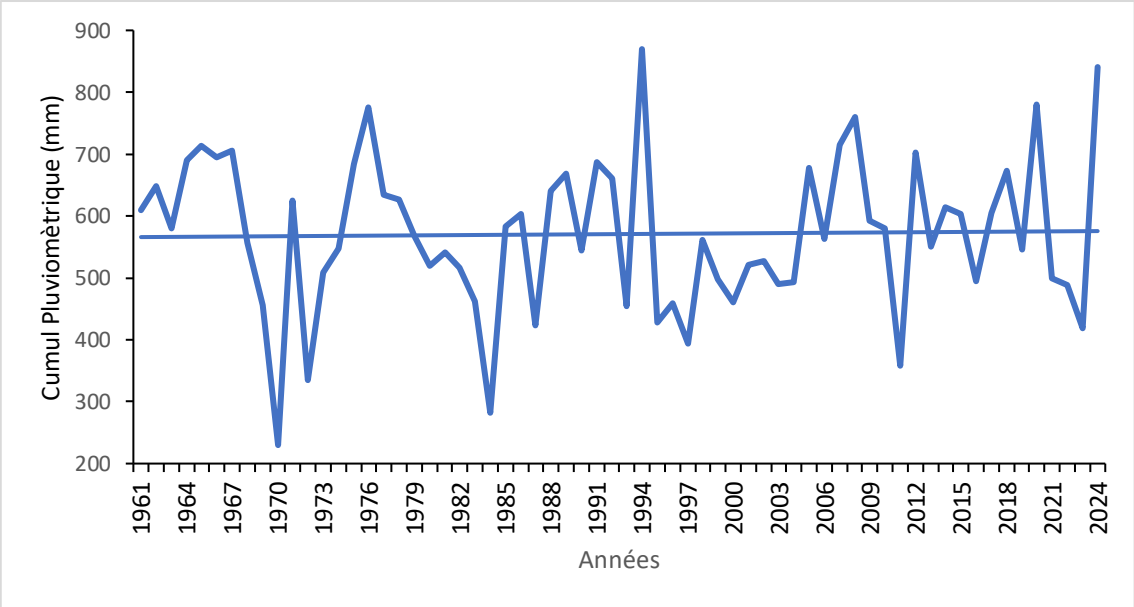


Fig. 7. Cumul moyen annuel de la pluviométrie de 1961 à 2024 (Source des données: [26])

3.5.2 TEMPERATURE

Les années les plus chaudes sont 1990, 2021 et 2023 qui ont respectivement pour température 37,31°C, 37,15°C et 37,06°C d'où la moyenne de la série est de 36, 61 et un coefficient de variation de 1,44.

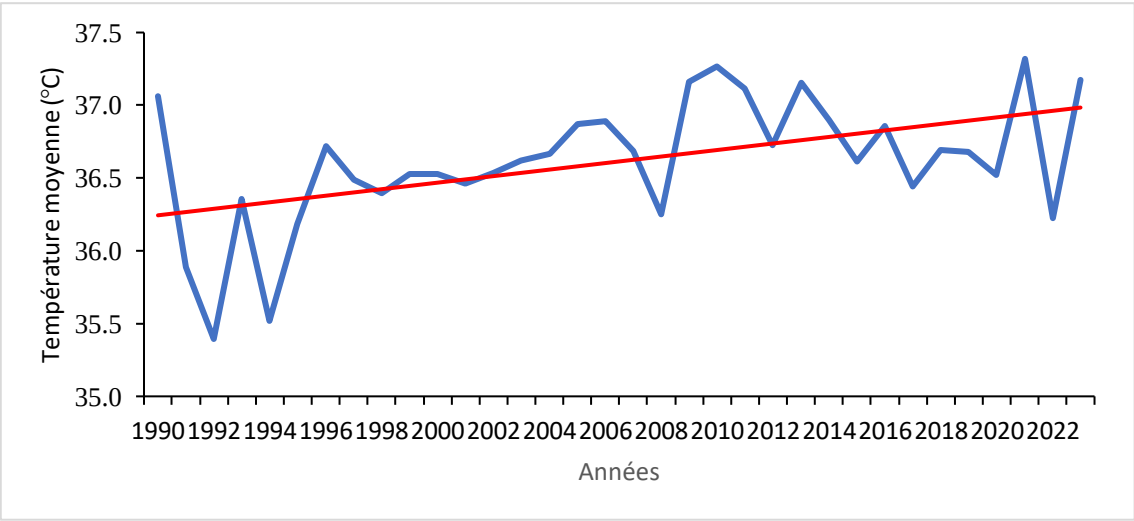


Fig. 8. Evolution de la température maximale de 1990 à 2023 (Source des données: [26])

Les températures maximales moyennes annuelles traduisissent une tendance légèrement en hausse avec des variabilités inter annuelles observées entre 2009 à 2013.

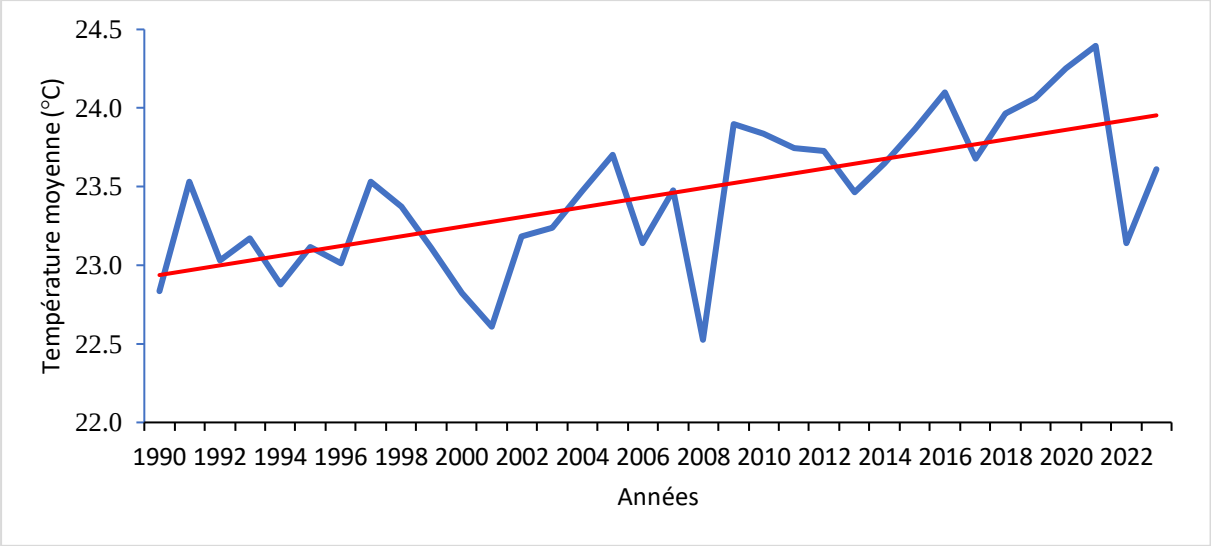


Fig. 9. Evolution de la température minimale de 1990 à 2023 (Source des données: [26])

Les températures minimales sont légèrement en hausse. On observe une évolution à partir de l'année 2009 jusqu'en 2021 au-dessus de la moyenne (figue 10).

3.5.3 VENT

La variation de mouvement des vents reste pratiquement en baisse sur la période de 1990 à 2023. La tendance est légère en baisse atour de la moyenne de 3,36 avec un coefficient de variation de 7,11 %.

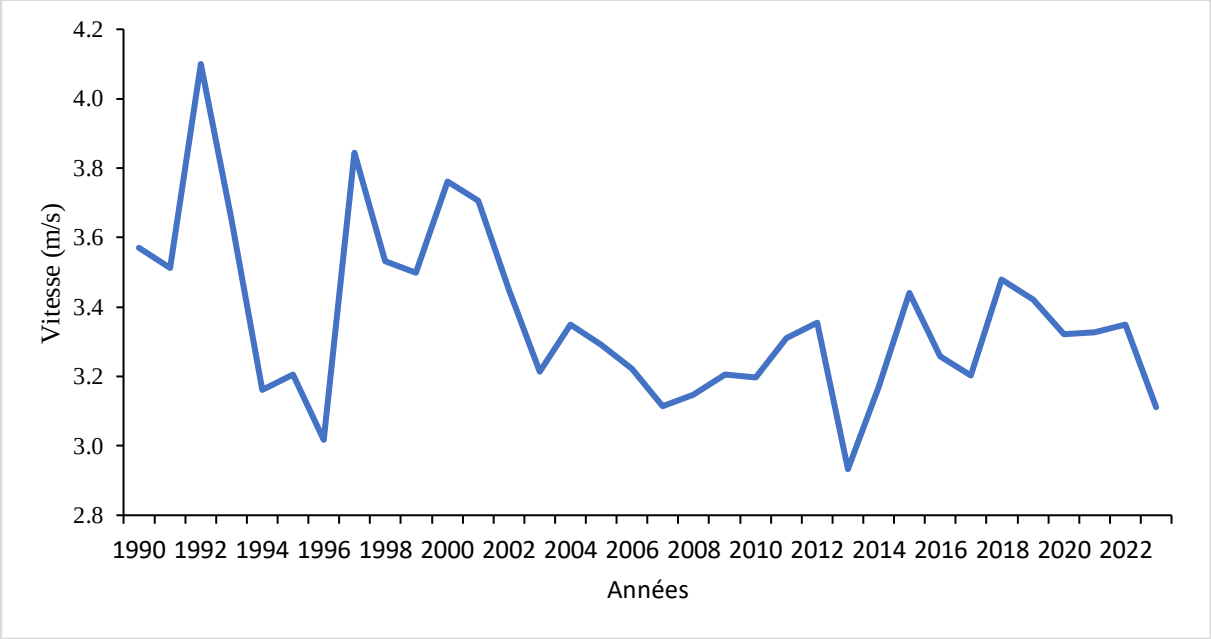


Fig. 10. Anomalies de la vitesse moyenne annuelle de vent de 1990 à 2023 (Source des données: [26])

Les années les plus mouvementées en termes de vitesse du vent sont 1992, 1997 et 2000 avec respectivement les vitesse moyennes annuelles de 4,16; 3,64; et 3,47.

3.6 VARIATION ET IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

3.6.1 VARIATION

Le changement climatique est perçu par la population à travers un certain nombre de paramètres essentiellement naturelles à un taux de témoignage de 84,87 %.

VARIATION DE LA PLUVIOMÉTRIE

Les résultats de l'investigation ressortent que 81,87% des enquêtés indiquent que, la pluviométrie est le paramètre le mieux indiqué pour caractériser le climat (tableau 3).

Tableau 2. Variation de la pluviométrie

Séquence de variation	Passée/Actuelle	Moins (%)	Plus (%)
Présence de fortes pluies	Passée	48	52
	Actuelle	52	48
Présence de pluies avec grêle	Passée	44	56
	Actuelle	59,6	40,4
Fréquence de poches de sècheresses	Passée	83.3	15,7
	Actuelle	18,8	81,9
Irrégularité de pluies	Passée	84,7	15,3
	Actuelle	82,8	17,2

LES INDICATEURS DES SAISONS PLUVIEUSE

Les saisons pluvieuses sont jadis indiquées par plusieurs signes annonçant un début probable de l'hivernage. Cependant, le résultat de l'analyse fait ressortir que 30% de ces signes qui constituent la boussole d'orientation de la saison pluvieuse aux yeux des paysans dans les années antérieures ne sont pas valables aujourd'hui où d'autres sont quasiment inexistants suite à la perturbation climatique (figure 12).

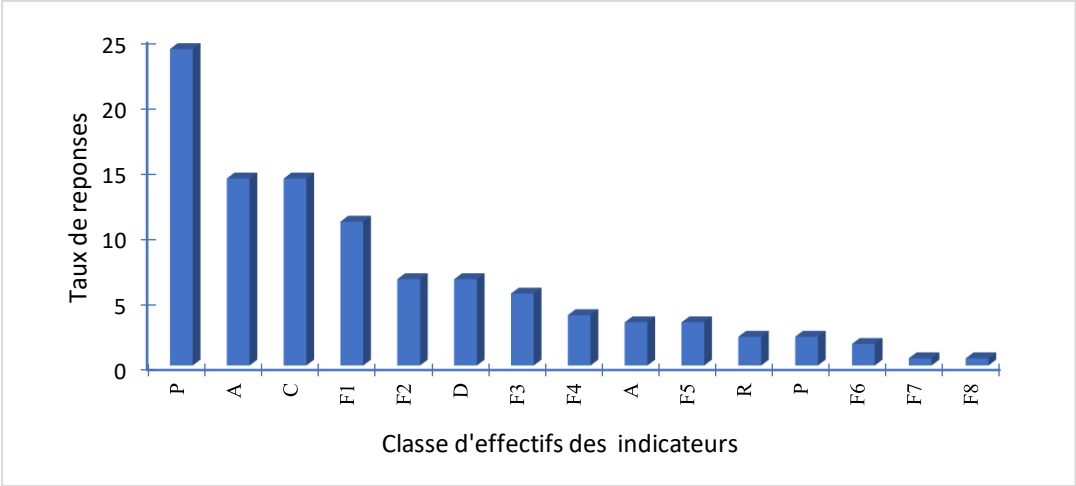


Fig. 11. Indicateurs des saisons pluvieuse

P: Passage de Cigonia cigonia, A: Apparition de nuages, C: Changement de direction d'Ouset vers Est, F1: forte température, F1: Feuillaison et fructification de Sclerocaya birrea, D: Défeuillaison de Faidherbia albida, F2: Feuillaison de Piliostigma reticulatum, F3: Feuillaison de Combretum micranthum, A: Apparions des étoiles, F4: Feuillaison d'Adansonia digaitata, R: Retour de delichon urbuca, Prévision féticheurs, F4: Fleuraison de Combretum glutonosum, F5: Feuillaison de Cassia sieberiana, F6: Fructification de Pteolepsis suberosa

DURÉE DE LA SAISON PLUVIEUSE

La grande majorité de la population enquêtée indique un raccourcissement de la durée de la saison pluvieuse qui devient de plus en plus courte trois (3) mois au lieu de quatre (4) à cinq (5) mois au paravent. Plus de 84% de la population témoignent que dans les années

antérieurs le début de la saison de pluie commence en mois de mai alors qu'aujourd'hui les premières pluies arrivent en mois de juin voire juillet.

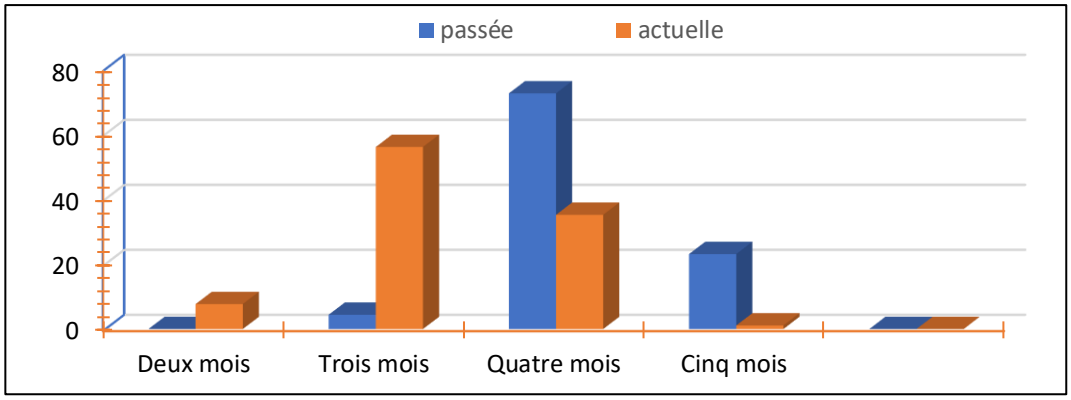


Fig. 12. Durée de la saison pluvieuse

Plus de 70% des répondants affirment que les pluies pouvaient s'étaler sur une durée de 4 mois et même 5 mois selon (20%); alors qu'actuellement, elles ne durent que 3 mois selon 55% et très souvent deux mois (7%). Cette forte diminution de la durée de saison pluvieuse est conditionnée par le changement intervenu au cours des années (figure 13).

VARIATION DE TEMPÉRATURE

Il ressort de cette analyse qu'il y a moins de variation de température dans le passé qu'à actuellement sur la saison froide et sèche ainsi que des vagues de chaleur et les hautes températures. (tableau 4).

Tableau 3. Variation de température pendant la saison pluvieuse

Périodes de variation	Passée/Actuel	Moins (%)	Plus (%)
Pendant la saison sèche chaude	Passé	96,15	3,5
	Actuel	2,9	97,1
Pendant la saison froide	Passé	96,5	3,5
	Actuel	3,5	96,5
Pendant la saison de pluie	Passé	91,9	8,1
	Actuel	68	93,2
Vague de chaleur pendant la saison de pluie	Passé	96,15	3,5
	Actuel	35,5	55,5
Hausses températures	Passé	87,3	127
	Actuel	2,9	97,1

VARIATION DE FRÉQUENCES DE VENTS

L'un des facteurs climatiques qui suscitent une interpellation de la population rurale après la pluie, la température, est le vent, du fait des dégâts qu'il engendre sur les cultures. Les paysans observent une nouvelle période jamais vécue, occasionnée par des vents violents impactant négativement leur vie quotidienne.

Ces types de vent qui sont reconnus en début de la saison pluvieuse au paravent, sont actuellement possible en plein saison pluvieuse, une situation qui inquiète beaucoup les paysans (tableau 5). On remarque une variation de la vitesse du vent actuellement que dans le passé et cela pratiquement pendant toutes les saisons de l'année.

Tableau 4. Variation de la vitesse du Vent

Périodes de variation	Passé/Actuel	Plus (%)	Moins (%)
Violent en saison de pluie	Passé	9	91
	Actuel	92	8
Violent en saison sèche	Passé	7,2	92,8
	Actuel	94,6	6,4
Poussiéreux en saison sèche	Passé	6,6	93,4
	Actuel	93,4	6,6
Poussiéreux saison de pluie	Passé	7,8	98,2
	Actuel	7	93
Fréquence en saison sèche	Passé	6,3	94,7
	Actuel	94,4	6,6
Fréquence pendant la sais	Passé	4,8	95,2
	Actuel	94,5	6,5

3.6.2 IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les résultats montrent que 84,7% des paysans affirment que la baisse du rendement agricole est directement liée au phénomène de variabilité climatique. Plus de 58% affirment la perte fertilité des sols actuellement qu'aux années antérieurs. Les paysans (43%) indiquent la forte dégradation du couvert végétal. Selon 90%, ce phénomène à une forte contribution à la dégradation des ressources ligneuses en termes de densité, de diversité et de couverture ligneuses (figure 14).

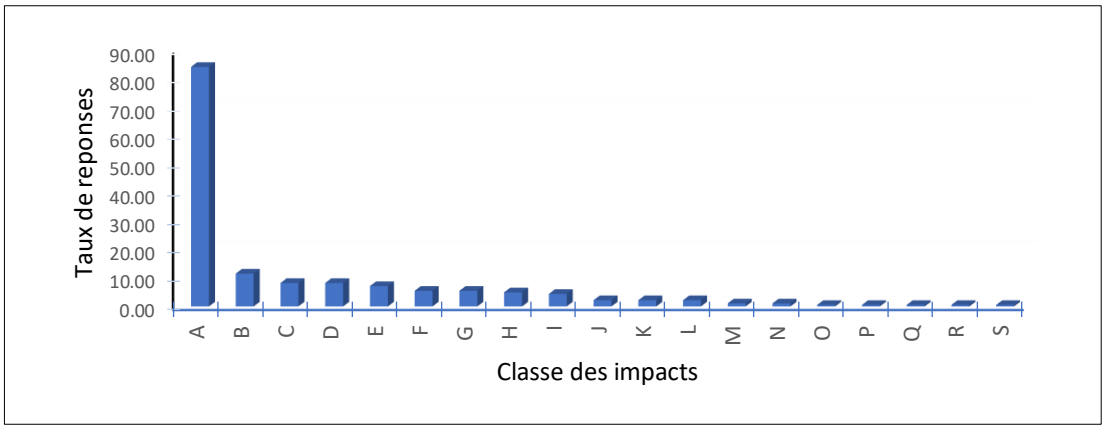


Fig. 13. Conséquences du changement climatique

A: Baisse de rendement agricole, B: Perte de biodiversité, C: Pauvreté, D: Diminution de la durée de saison pluvieuse, E: Baisse de pluviométrie, F: Prolifération de Nouvelle Maladies, G: Augmentation de la températures, H: Perturbation de saisons, I: Baisse de fertilité de sol, J: Diminution de la Biodiversité ligneuse, K: Pression de vent, L: Irrégularité de pluie, M: Baisse de niveau d'eau, N: Changement d'habitude alimentaire, O: Inadéquation des semences aux cultures, P: Décalage de temps de semis, Q: Insuffisance de pâturage, R: Perturbation de la pluviométrie, S: Réduction de la qualité de poisson.

3.7 PREFERENCE ET CHOIX DE STRATEGIES D'ADAPTATION

Des stratégies pour faire face à ce phénomène sont adaptés par les paysans pour réduire les risques climatiques. Les résultats montrent que nombreuses stratégies sont développées face aux effets du changement climatique (figure15).

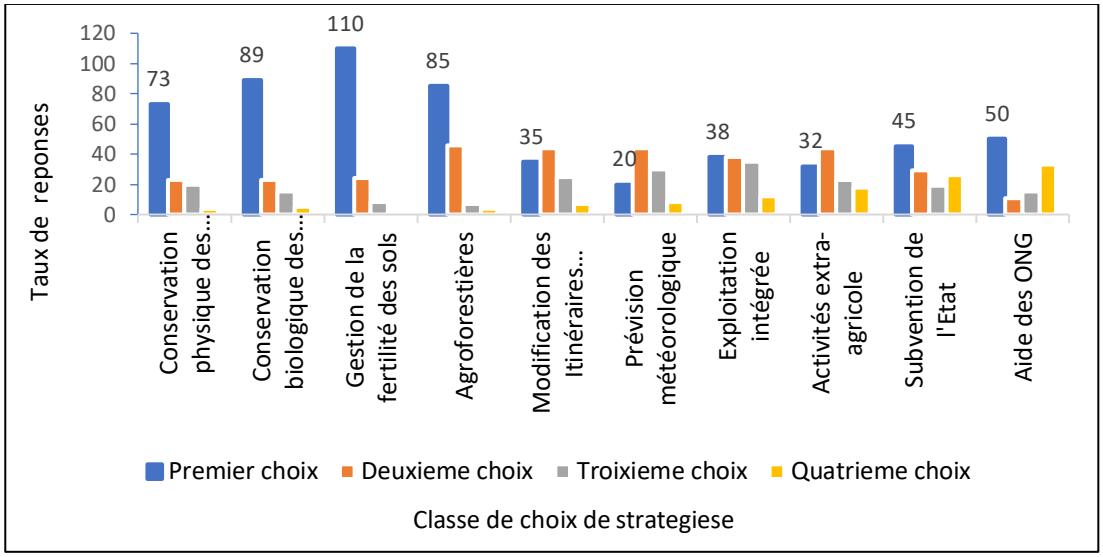


Fig. 14. Stratégies d'adaptation

4 DISCUSSION

4.1 DIVERSITE ET VALORISATION DES ESPECES LIGNEUSE

4.1.1 RICHESSE SPECIFIQUE

L'enquête ethnobotanique à fait ressortir une diversité ligneuse de 60 espèces, 29 familles et 49 genres. Les familles les plus dominantes sont celle de Fabaceae (28,74%), de Combretaceae (11,49%), de Caparaceae (6,90%) et de Rubuaceae (5,75%). (Figure 5).

Ces résultats se rapprochent de ceux obtenus par [29] dans la réserve de faune de de Dosso où 84 espèces reparties en 34 familles ont été inventoriées. Quelques parts, ces résultats sont nettement inférieurs à ceux obtenus par [30] dans la réserve de biosphère du Mono au Benin (101 espèces inventoriées reparties en 82 familles).

On note des différences de résultats obtenus qui sont inférieurs à ceux trouvés dans le cadre de la recherche effectuée par [31] dans la forêt classée de Bansié de province de Tuy au Burkina Faso (94 espèces, reparties en 36 familles et 69 genres), et par [32] dans la forêt classée de Gorou Bassounga (95 espèces appartenant à 82 genres et 37 familles).

Cette différence pourrait être liée aux conditions météorologiques notamment pluviométriques qui ne sont pas identiques. La forêt classée de Gorou Bassounga bénéficiant de climat de type soudanien dont la durée la saison pluvieuse peut s'étaler de Mai à Octobre soit une durée de six mois avec un cumul moyen annuel de la quantité de pluie de 854 mm (1981 -2019) [33].

Cette richesse spécifique est supérieure à celle inventoriée par [5] au Nord de Sénégal (23 espèces repartie en 19 familles), par [34] dans la commune rurale de Tamou, par (Biga et al., 2020) [9] dans la commune de Torodi (41 espèces), Tagazar (28 espèces) et Gothèye (23 espèces). Cette nuance pourrait s'expliquer par les conditions climatiques qui diffèrent dans les deux zones.

Cette diversité peut varier en fonction de types de végétations et selon les unités géomorphologiques. Les résultats de cette étude sont supérieurs de ceux trouvés par [35] dans les parcs de Waza (Cameroun) qui se caractérisent par un total de 52 espèces ligneuses repartie en 42 genres appartenant à 21 familles dont la famille la plus dominante est celle des Facbaceae avec 19 espèces et 13 genres.

Cette analyse a fait ressortir une dominance des Combretaceae dans les brousses tigrées tels que *Combretum micrathum* (16,38%); Guiera senegalensis (13, 28%), *Combretum glutinosum* (11,49). Cette dominance des Combretaceae a été également montré par [36] et [37]. Dans cette analyse, quatre espèces se distinguent par leur d'abondance dans les champs avec un taux de fréquence élevé des citations. Il s'agit de *Piliostigma reticulum, Guiera senegalensis, Balanites aegyptiaca, faidherbia Albida*. Cette abondance de ses espèces a été rapportée dans la réserve de Tamou par [34].

L'enquête ethnobotanique a révélé 10 types d'utilisation des espèces. Il s'agit principalement de l'ombrage (18,98%), de bois d'énergie (18,37%), de l'alimentation humaine (17,76%), de fertilisation de sols (11,63%), de la médecine traditionnelle (9,39%), de fourrage (8,37%), de bois de service (5,10%), de brise-vent (4,90 %), de construction des maisons (3,90) et de commercialisation (2, 04%).

Cela traduit un avantage particulier accordé à l'ombrage et au bois d'énergie. Ces types d'utilisation ont été rapportés dans plusieurs études notamment celle conduite par [38] dans l'écosystème Cédraie du Maroc, et dans les cercles de Ségou au Mali [25].

Ces types d'utilisation abordés sont proches des résultats trouvés par [39] où il indique l'importance capitale des produits forestiers non ligneux destinés à la consommation humaine avec un avantage particulier par rapport aux autres. Cette utilisation est liée à la grande disponibilité de ces espèces dans le massif forestier.

Les paysans ont apporté une appréciation particulière à certaines espèces telles que *Adansonia digitata, Khaya senegalensis, Prosopis africana, Kigelia africana* qui sont aussi presque similaires du résultat obtenu de la classification préférentielle faite par [40] avec un taux élevé (20%) de préférence d'*Adansonia digitata*.

Au total 28 espèces sont déclarées en voie de disparition par la population dans le cadre de la présente étude. Ce résultat est nettement différent de celui trouvé par [40] dans le parc de W où seulement 14 espèces sont déclarées en voie de disparitions soit 50%. Cela pourrait s'expliquer par la protection des espèces contre les menaces anthropiques dont bénéficient les espèces dans le parc. Plus de 80 de la population ont affirmé que les menaces sur les ressources naturelles notamment les ligneux sont surtout liées aux actions anthropiques.

On observe la baisse drastique de la richesse floristique occasionnée par la croissance rapide de la population entrainant une occupation des zones boisées au profits des installations humaines et aux extensions de superficies de champs de culture. Les effets de cette anthropisation sur les différents types de végétations accentuent la régression de certaines espèces ligneuses en termes de couverture, et diversité ligneuse (90%.).

Cet impact de la croissance démographique sur la dynamique de la composition floristique a été aussi rapporté par un certain nombre des auteurs concernant spécifiquement la coupe abusive de bois [41]. Les impacts climatiques notamment la sècheresse a négativement impacté les ressources ligneuses où des panoplies d'études en Afrique ont mis en lumière la forte contribution de la sècheresse des années 1980- 1990 à la régression des certaines espèces.

L'analyse a fait ressortir que *Faihherbia albida* joue un rôle crucial dans le cadre de fertilisation du sol occupant le quatrième rang (Figure5) parmi les 28 espèces mentionnées. L'importance de cette espèce a été également signalée par [42] et [43].

4.1.2 PERCEPTION PAYSANNE DE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les résultats obtenus de cette étude montrent que la population perçoit le changement climatique comme un phénomène agissant sur un certain nombre de paramètres tel que la pluviométrie (81,87%), la température (42,86%), le vent (39,01%), la perte de biodiversité (65,93%) et l'inadaptation de variété de semences (14, 29%), la forte dégradation du couvert végétal (43%).

Ces résultats corroborent ceux de [44] dans les zones agro écologiques du Burkina Faso. Ces mêmes observations ont été apportées par [45] au niveau des périmètres irrigués de Saga dans la vallée du fleuve Niger sur la perception des aléas climatiques.

Cette analyse a fait ressortir une forte variation des températures (80%) engendrant des conséquences sur le rendements agricoles et l'adaptation des variétés de cultures. [33], dans la commune rurale de Karma sur la perception paysanne de changement climatiques et stratégies employées. Selon ces derniers, les paramètres sont classés par ordre de gravité qui sont la pluviométrie, la température, le vent et l'écosystème.

Par ailleurs, 93% des répondants ont affirmé dans le cadre de cette études qu'une forte variation de vents est observée par rapport aux années antérieurs et qui compromettent les cultures pluviales. Ces informations corroborent avec celles trouvées par [46] dans la commune urbaine de Tibiri (Maradi) pour qui, le vent est considéré comme un agent destructeur et d'enracinement de culture en phase critique du levé de semis.

Cette similarité s'explique par la dégradation de ressources ligneuses qui favorise la vitesse du vent désignée sous le terme anthropisation [47] dans la forêt de Baban Rafii. Cette anthropisation a été signalée par [34] dans la commune de Tamou. Ce même phénomène de variabilité climatique lié à l'action d'instabilité de vent, a été révélé dans le Plan National d'Adaptation aux Changements Climatiques du Niger [48] dans lequel, il a été relevé que les tempêtes de sable engloutissent les terres agropastorales propageant d'énormes maladies chez les animaux.

L'analyse des données fait ressortir que 84,81 % de répondants ont lié la responsabilité de la baisse de rendement agricole aux déficits et irrégularité de pluie, à la diminution de nombre de jour de pluie, à la diminution de la durée de la saison pluvieuse et aux arrêts précoces de des pluies.

Ces résultats sont similaires à ceux obtenus auprès des agriculteurs dans la forêt classée de Gorou Bassounga où la population a attribué la responsabilité de changement climatique à un certain nombre de facteurs tels que la baisse de la pluviométrie avec le retard de dates de semis des cultures [32].

Des études au Burkina Faso corroborent à travers les interventions des populations locales, qui perçoivent le changement climatique par la baisse et les irrégularités pluviométriques, le démarrage tardif de la saison des pluies, l'arrêt précoce des pluies et la fréquence plus élevée des poches de sécheresse [8]; [18]; [19].

5 CONLUSION

Cette étude a ressorti les formes de valorisation des espèces végétales et la détermination des perceptions paysannes des effets du changement climatique. Elle a permis de caractériser la diversité ligneuse globale, composée de 86 espèces reparties en 56 genres et 29 familles dans les principaux types de végétations (les brousses tigrées, les parcs agroforestiers, les cordons ripicoles et les galeries forestières) rencontrés dans la commune rurale de Kirtachi. Au cours de cette analyse, dix (10) type d'utilisations des espèces sont identifiées; il s'agit de: l'ombrage, le bois d'énergie, l'alimentation, la fertilisation de sol, la médecine traditionnelle, le fourrages, le bois de service, le brise vent, la construction et commercialisation. Le changement climatique est responsable de la baisse de rendement agricole (84,7%), et les principaux paramètres de la variabilité climatique sont la pluviométrie 81,87%, la température (42,86 %) et le vent (39,01 %). Plusieurs stratégies d'adaptation contre le changement climatique sont mises en œuvre par la population. Les saisons pluvieuses passent en moyenne de 5 mois dans les années antérieures à 3 mois actuellement. Les semis sont tardifs généralement en mois de mai (84 %) dans les années antérieures et débutent actuellement en juillet (70%). Les températures maximales et minimales sont en hausses avec une moyenne annuelle respectivement de 36,61 °C et 23,44 °C entre les séries chronologiques de 1990 à 2023 et la vitesse moyenne annuelle est de 3,36 m/s. Le rendement agricole est profondément en baisse (99%) engendrant l'insécurité alimentaire.

REMERCIEMENTS

Les auteurs adressent leurs remerciements à l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN), Université de Diffa et le Projet site pilote phase 2 (GCCA+) qui ont permis à collecter les données sur le terrain.

REFERENCES

[1] Kabore, P. N., Barbier, B., Ouoba, P., Kiema, A., Some, L., Ouedraogo, A., 2019. Perceptions du changement climatique, impacts environnementaux et stratégies endogènes d'adaptation par les producteurs du Centre-nord du Burkina Faso. VertigO, Vol.19, N°1, 25p.

[2] Lawali, M.N., Benoît, S., Agali, A., Seydou, T., Balla A., 2019. Perception et observation: les principaux risques agro-climatique de l'agriculture pluviale dans l'Ouest du Niger. Revue électronique en sciences de l'environnement. Vol.18, N°1, 20 p.

[3] Sivakumar, M.V.K., Das H.P, Brunini O., 2005. Impacts of present and future climate variability and change on agriculture and forestry in the arid and semi-arid tropics. Climatic Change, Vol. 70, N°31, 72p.

[4] Fahrig, L., 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics, 34, 487-515.

[5] Madingou, M.P.N., 2021. Diversité des ligneux dans les dépressions topographiques dans le nord Sénégal. Master Biodiversité Ecologie Evolution Parcours Biodiversité végétale et Gestion des Ecosystèmes Tropicaux – Université de Montpellier et AgroParisTech, 30 p.

[6] Achard, F., Konieczka, N., Montagne, P., Banoin M., 1996. Ressources ligneuses des jachères du Sud-Ouest du Niger. In: Actes de l'atelier «Jachère, lieu de production», Bobo Dioulasso, 2-4 octobre 1996. Floret Christian (ed.). CNRST, ORSTOM. Dakar: CORAF, 43-48. Atelier sur La jachère, lieu de production, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

[7] Gonda, A., 2010. Influence des conditions socio-économiques et culturelles sur la dynamique des écosystèmes sahéliens: Cas de zones reverdie (Warzou) et dégradée (Maissakoni) du département de Mayahi. Mémoire de fin d'étude en vue d'obtention de Diplôme d'études supérieures spécialisées (DESS) de la faculté des sciences Agronomique de l'Université Abdou Moumouni de Niamey, P 63.

[8] Sarr, B., Atta, S., Ly, M., Salack, S., Ourback, T., Subsol, S., Geoges, D.A., 2015. Adapting to climate variability and change in smalholder farmin communities: A case study from Burkina Faso, Chad and Niger (CVADAPT), Journal of Agricultural Extension and Rural Development, vol. 7, 1, pp. 16-27.

[9] Biga, I., Rabiou, H., Soumana, I., Zakari, M.M., Mahamane, A., 2020. Diversité floristique, état de la régénération et structure de la végétation ligneuse des parcs agroforestiers de l'Ouest du Niger. Afrique Science, 17 (3), 195-210.

[10] Madi, M. N. M., 2020. Diversité des ligneux et pratique de la RNA dans les villages d'intervention du projet DOB écologie dans la commune rurale de Soukoukotan (Département de Douchi Niger). Mémoire de Master de la faculté des lettres et sciences humaines de UAM.

[11] GIEC, 2007. Bilan des changements climatiques. Genève, Suisse, P 103.

[12] Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J.M., Noguer, P.J. Van der Linden, X., Dai, Maskell, K., Johnson, C.A., 2001. Climate Change 2001: The scientific basis; contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, New York, Cambridge University Press.

[13] Karimou, B.M., Ambouta, K., Sarr, B., Tychon, B., 2015. Analyse des phénomènes climatiques extrêmes dans le Sud-Est du Niger, XXVIIIè Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Liège, pp: 537-542.

[14] Boko, M., Niang, I., Nyong, A., Vogel, C., Githeko, A., Medany, M., Osman-Elasha, B., Tabo, R., Yanda, P. (2007). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, in Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., Van Der Linden, P.J. and Hanson C.E. (eds.), Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press., Cambridge UK. 433 - 467. Site web: https://unfccc.int/resource/docs/publications/impacts.pdf consulté le 29/11/2023.

[15] Soumana, B., Idrissa, S.M., Yacouba, A.R., Sanouna, A., 2021. Modélisation de la perception et adaptation des agriculteurs du changement climatique dans la commune rurale de KOURTHEYE au NIGER. Algerian Journal of Arid Environnement, Vol.11, N°2, 16p.

[16] Rawski, C., 2020. Risques climatiques et agriculture en Afrique de l'Ouest. Cah.Agric, Vol.29, N°20, 2p.

[17] Sultan, B., Bossa, A.Y., Salack, S, Sanon, M., 2020. Risques climatiques et agriculture en Afrique de l'Ouest. IRD Éditions. Collection Synthèses, 362 p.

[18] Nielsen, J.A., Reenberg, A., 2010. Temporality and the problem with singling out climate as a current driver of change in a small West African village, Journal of Arid Environments, 74, pp. 464-474.

[19] Ouédraogo, M., Dembélé, Y., Somé, L., 2010. Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements des précipitations: cas des paysans du Burkina Faso, Sécheresse, 21, 2, pp. 87-96.

[20] Salifou, M., Mahaman, S., Jean, K., Karimou, J-M., Mohamadou, A., Mamadou, I., Mahamadou, B., 2024. Perceptions des effets de changements climatiques des paysans à l'échelle du bassin versant de Karey Gorou (Sud-Ouest du Niger): comparaison entre les données observées et les données d'enquêtes. Journal of Research in Agriculture and Animal Science. 11. 01-18. 10.35629/9459-11100118.

[21] Maddison, D., 2006. The Perception of and Adaptation to Climate Change in Africa. Policy Working Paper 4308, Word Bank. 41 p.

[22] INS, 2022. Projection de la Population en 2021.

[23] PDC, Plan de Développement Communal de la commune rurale de Kirtachi, 2012.

[24] Ali, I., Amani, A., Barmo, S., Ibrahim, B., Ali, M., 2023. Analyse spatiotemporelle de l'occupation du sol dans la commune de Kirtachi au sud-ouest du Niger. Int. J. Biol. Chem. Sci. 17 (3): 1033-1047.

[25] FAO, 2002. Rapport sur les ressources en sols du monde. 268 p.

[26] Dagnelie, P., 1998. Statistique théorique et appliquée. Tome 1: Statistique descriptive et bases de l'inférence statistique. De Boeck et Larcier, Bruxelles.

[27] DMN. 2024. Données de la Direction de la Météorologie Nationale.

[28] Lamb, J., 1982. Persistence of Subsoharan drought, Nature, Vol.10, N°299, pp: 46-47.

[29] Kindo, A. I., Abasse, T., Soumana, I., Bogaert, J., Mahamane, A., 2019. Perception locale et facteurs de mutation de la flore ligneuse d'une aire protégée d'Afrique de l'Ouest: cas de la Réserve Partielle de Faune de Dosso, Niger. Afrique 15 (6). ISSN1813-548X.PP 229 - 249.

[30] Armelle, G. H-Y., Houessou, L. G., Lougbegnon, T. O., Adebi, Y., Sinasson, G. K. S., Semevo, D. F., Boko, M. 2019. Diversité et formes d'utilisation des espèces ligneuses de la Réserve de biosphère du Mono (Bénin). VertigO, n°2 V 19, 2019.ISSN: 1492-8442, P 21.

[31] Souleymane, S., Salfo, S., Souleymane, S., Comlan, R.Y., Mipro, H., 2023. Diversité et structure démographique de la flore ligneuse de la forêt classée de Bansié dans la province du Tuy, Burkina Faso, Afrique SCIENCE (6) 27 - 41 27, ISSN 1813-548X.

[32] Boubacar, M.M., Soumana, D., Salamatou, A. I., Nassirou, I., Ali, M., 2022. Occupation du sol, phytodiversité de la forêt classée de Gorou Bassounga (Niger) et perception paysanne sur le changement climatique. International Journal of Biological and Chemical Sciences. 16. 145-158. 10.4314/ijbcs. v16i1.13.

[33] Boubacar, S., Razinatou, Y.A., Mahamadou, I.S., 2021. Perceptions paysannes du changement climatique et stratégies d'adaptation employées, Agronomie Africaine 33 (2). PP.203 – 214.

[34] Amani, A., 2016. Croissance et potentiel de séquestration de carbone de quatre espèces de Combretaceae en zone sahélienne et nord-soudanienne au Niger (Afrique de l'Ouest). Thèse Université Abdou Moumouni de Niamey, P 202.

[35] Jiagho, E.R., Zapfack, L., Banoho, L.P.R.K., Tsayem-Demaze, M., Corbonnois, J., Tchawa, P., 2016. Diversité de la flore ligneuse à la périphérie du Parc national de Waza (Cameroun). [VertigO] La revue électronique en sciences de l'environnement. Vol16 n°1 |, 2016, ISSN: 1492-8442, P 23.

[36] Ichaou, A., 2000. Dynamique et productivité des structures forestières contractées des plateaux de l'Ouest nigérien (Doctoral dissertation, Université Paul Sabatier).

[37] Félix, Z. C. S., Tougiani, A., Moussa, M., 2019. Diversité Et Structure Des Peuplements Ligneux Issus De La Régénération Naturelle Assistée (RNA) Suivant Un Gradient Agro-Ecologique Au Centre Sud Du Niger. J. Agric. Vet. Sci, 12 (1), 52-62.

[38] Aafi, A., Ghanmi, M., Satrani, B., Aberchane, M., Ismaili My, R., El Abid, A., 2011. Diversité et valorisation des principales plantes aromatiques et médicinales (PAM) de l'écosystème cédraie au Maroc. Centre de Recherche Forestière.

[39] Laminou, M. O., Boubé, M., Saley, K., Oumarou, B.G., Ali M., 2017. Usages socioéconomiques des especes au sahel cas de Guidan Roumdji au Niger, European Scientific Journal September 2017 edition Vol.13, No.26 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 743. PP, 355 à 373.

[40] Iro, D.G., Baragé, M., Soumana, D., 2012. Etudes préliminaires sur l'utilisation alimentaire des plantes spontanées dans les zones périphériques du parc W du Niger. International Journal of Biological and Chemical Sciences. 6. 10.4314/ijbcs. v6i6.12.

[41] Jennifer, B., Mika, S., 2021. Toujours qu'une seule terre: les leçons de 50 ans d'une politique de développement durable des Nations Unies, P 12.
[42] Rabo, Y., Sadikou, I., Ali, M., 2024. Effets de Faidherbia albida (Delile) sur des Paramètres de Croissance et de Rendement du Mil (Pennisetum glaucum (L.) R. Br) en Milieu Paysan dans la Commune de Tibiri (Niger). European Scientific Journal, ESJ. 20. 86. 10.19044/esj. 2024.v20n6p86.
[43] Massaoudou, M., Mahamane, L., Saadou, M., 2015. Caractérisation des peuplements ligneux des parcs à Faidherbia albida (Del) A. Chev. et à Prosopis africana (Guill., Perrot et Rich.) Taub. du Centre-Sud Nigérien. Journal of Applied Biosciences. 94. 8890. 10.4314/jab. v94i1.6.
[44] Ouédraogo, M., 2012. Impact des changements climatiques sur les revenus agricoles au Burkina Faso. Journal of Agriculture and Environment for International Development – JAEID 2012, 106 (1): 3 – 21.
[45] Tahirou, S., Zerbo, P., Sanou, Y., Paré, S., Ado, M.N., 2022. Perceptions Paysannes Des Aléas Climatiques Sur La Production Du Riz Sur Le Périmètre Irrigué De Saga Dans La Vallée Du Fleuve Niger.
[46] Mahamadou, I., 2020. Perceptions paysannes de la variabilité climatique et stratégies adaptatives dans le terroir de Garin yari Idi (commune urbaine de Tibiri Maradi au Niger), Revue Togolaise des Sciences Vol 14, n°1 – Janvier – Juin 2020 - ISSN 0531 - 2051, P 83.
[47] Barmo, S., 2022. Dynamique des formations végétales de la forêt protégée de Baban Rafi et de sa zone adjacente (Niger). Thèse de doctorat en foresterie et écologie végétale, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi (UDDM), Niger, P 212.
[48] CNEDD, 2022. Plan National d'Adaptation (PNA) aux effets néfastes de changement Climatique, P 245.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 865-875
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Structure et diversité de la flore ligneuse dans la zone centrale de l'habitat de la girafe au Niger (Afrique de l'Ouest)

[Structure and diversity of woody flora in the central zone of the giraffe habitat in Niger (West Africa)]

Roumanatou Maman Moutari Danjouma[1], Boubacar Moussa Mamoudou[2], Maman Laouli Adamou Ibrahim[1], Maman Maarouhi Inoussa[1], Boube Morou[3], and Ali Mahamane[1]

[1]Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni (UAM) BP 10662, Niamey, Niger

[2]Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Diffa, BP 78 Diffa, Niger

[3]Département des Sciences du Sol et de Télédétection, Faculté d'Agronomie et des Sciences de l'Environnement, Université Dan Dicko Dankoulodo, BP 465, Maradi, Niger

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

ABSTRACT: This study, conducted in the core area of the giraffe's habitat, aims to assess tree species diversity and the demography of the woody stand for the survival and conservation of the species in situ. The floristic inventory, carried out on 154 plots, identified 33 woody species belonging to 25 genera and 15 families. The Fabaceae, Capparaceae, and Combretaceae families are the most dominant, representing 60% of the stand. Tiger scrub is the densest land cover unit, while fields exhibit the highest regeneration rates and diversity indices. The diameter structure reveals a predominance of young individuals and low regeneration potential in tiger scrub and fields; whereas fallow land and shrub steppes show a more balanced and ecologically stable structure. Regarding the vertical structure, it is distinguished by the majority of individuals measuring between 1 and 4 meters in height across all geomorphological units. These results reflect a trend toward biodiversity degradation, marked by the dominance of a few tolerant species (*Guiera senegalensis, Combretum micranthum, Annona senegalensis*). Urgent conservation and restoration measures are needed to maintain the ecological viability of the habitat of the last remaining giraffes in West Africa.

KEYWORDS: conservation, woody flora, diversity, population structure, Niger.

RESUME: Cette étude conduite dans la zone centrale de l'habitat de la girafe vise à apprécier la diversité des essences forestières et la démographie du peuplement ligneux pour la survie et la conservation de l'espèce de façon *in situ*. L'inventaire floristique, réalisé sur 154 placettes, a permis de recenser 33 espèces ligneuses réparties en 25 genres et 15 familles. Les Fabaceae, les Capparaceae et les Combretaceae constituent les familles les plus dominantes, représentant à elles seules 60 % du peuplement. La brousse tigrée est l'unité d'occupation la plus dense, tandis que les champs affichent les taux de régénération et les indices de diversité les plus élevés. La structure diamétrique révèle une prédominance d'individus jeunes et un faible potentiel de régénération dans les brousses tigrées et les champs ; alors que les jachères et les steppes arbustives montrent une structure plus équilibrée et écologiquement stable. En ce qui concerne la structure verticale, elle se distingue par la majorité d'individus mesurant entre 1 et 4 mètres de hauteur dans toutes les unités géomorphologiques. Ces résultats traduisent une tendance à la dégradation de la biodiversité, marquée par la domination de quelques espèces tolérantes (*Guiera senegalensis, Combretum micranthum, Annona senegalensis*). Des mesures urgentes de conservation et de restauration s'imposent pour maintenir la viabilité écologique de l'habitat des dernières girafes d'Afrique de l'Ouest.

MOTS-CLEFS: conservation, flore ligneuse, diversité, structure démographique, Niger.

Corresponding Author: Roumanatou Maman Moutari Danjouma

1 INTRODUCTION

Les défis environnementaux du Niger se présentent sous la forme d'un déséquilibre entre les ressources naturelles et les besoins accrue d'une population en croissance rapide de 3,9 % [1] en quête de meilleures conditions de vie [2]. L'effectif de la population humaine dans la zone centrale de distribution de la girafe qui était de 97 425 habitants en 2012 [3] est passée à 130 261 en 2020 [1]. Cette dynamique s'accompagne d'une forte expansion agricole : les superficies irriguées sont passées de 238 132 hectares en 2021-2022 à 316 478 hectares en 2022-2023, soit une augmentation de près de 33 % en une seule campagne [4].

Parallèlement, on assiste à une augmentation des localités dans la zone centrale de l'habitat de la girafe qui passent de 87 à 139 entre 2001 et 2012 ([3]

Cette croissance démographique entraîne un besoin important en bois énergie, en bois d'œuvre et en terres arables, au détriment des forêts. Ainsi, les formations forestières se dégradent à un rythme alarmant au profit d'une agriculture et d'un élevage à grande échelle [5]. En plus de ces pratiques, les sécheresses répétées entraînent une dégradation et une fragmentation spatiale. Cette situation suscite des inquiétudes quant à la survie et à la croissance des animaux sauvages dans leur habitat.

En effet, l'effectif du cheptel est passé de 48 461 000 à 52 693 000 têtes entre 2018 et 2020 soit un accroissement de 8,7 % en 2 ans [1]. De ce fait, le milieu exploité n'est plus en mesure de répondre aux besoins du bétail. Cet accroissement de la population humaine et animale s'accompagne d'une diminution des ressources floristiques en particulier les ressources ligneuses de la zone.

Ce déclin des ressources ligneuses affecte les services écosystémiques que la biodiversité fournit aux populations locales, notamment l'alimentation, l'énergie, la construction, la médecine et l'artisanat (Wezel & Lykke, 2006; Traore *et al*., 2011). Compte tenu de cette dégradation forestière, il est nécessaire de faire un état des lieux des formations forestières en termes de diversité ligneuse et de la structure démographique de la végétation (Yao *et al*., 2013; Ibrahima *et al*., 2023).

Cette réduction de la superficie de l'habitat de la girafe suivie de sa fragmentation, dues aux activités socio-économiques dans un contexte d'un accroissement de la pression démographique pourrait à court terme entraîner le déclin du dernier troupeau de girafes de l'Afrique de l'Ouest, si des mesures de conservation ne sont pas entreprises. Par conséquent, cette étude vise à apprécier la diversité des essences forestières et la démographie du peuplement ligneux dans la zone centrale de l'habitat de la girafe pour la survie et la conservation de l'espèce de façon *in situ*.

Spécifiquement, il s'agit de i) caractériser la diversité floristique des essences de la zone, et ii) déterminer la structure les différentes unités écologiques.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

L'étude a été conduite dans la zone centrale de répartition des girafes qui s'étend sur certaines parties des régions de Tillaberi et Dosso. Située entre les longitudes 2°30' et 3°30'E et les latitudes 13° 20' et 14°30'N (Figure 1), elle couvre les départements de Kollo et Boboye et abrite les communes rurales de Kouré, Harikanassou et N'Gonga [10] sur une superficie de 167825,19 ha. La zone centrale de Girafe est densément peuplée et possède une variété d'écosystèmes, notamment la brousse tigrée, la brousse diffuse, les prairies et les parcs agroforestiers.

La « zone centrale de la girafe » (Figure 1) a été classée zone de transition de la réserve de biosphère par l'UNESCO et par le gouvernement nigérien en 1997 [5] et Reserve Nationale Naturelle des girafes (RNNG) en 2024 par le gouvernement nigérien.

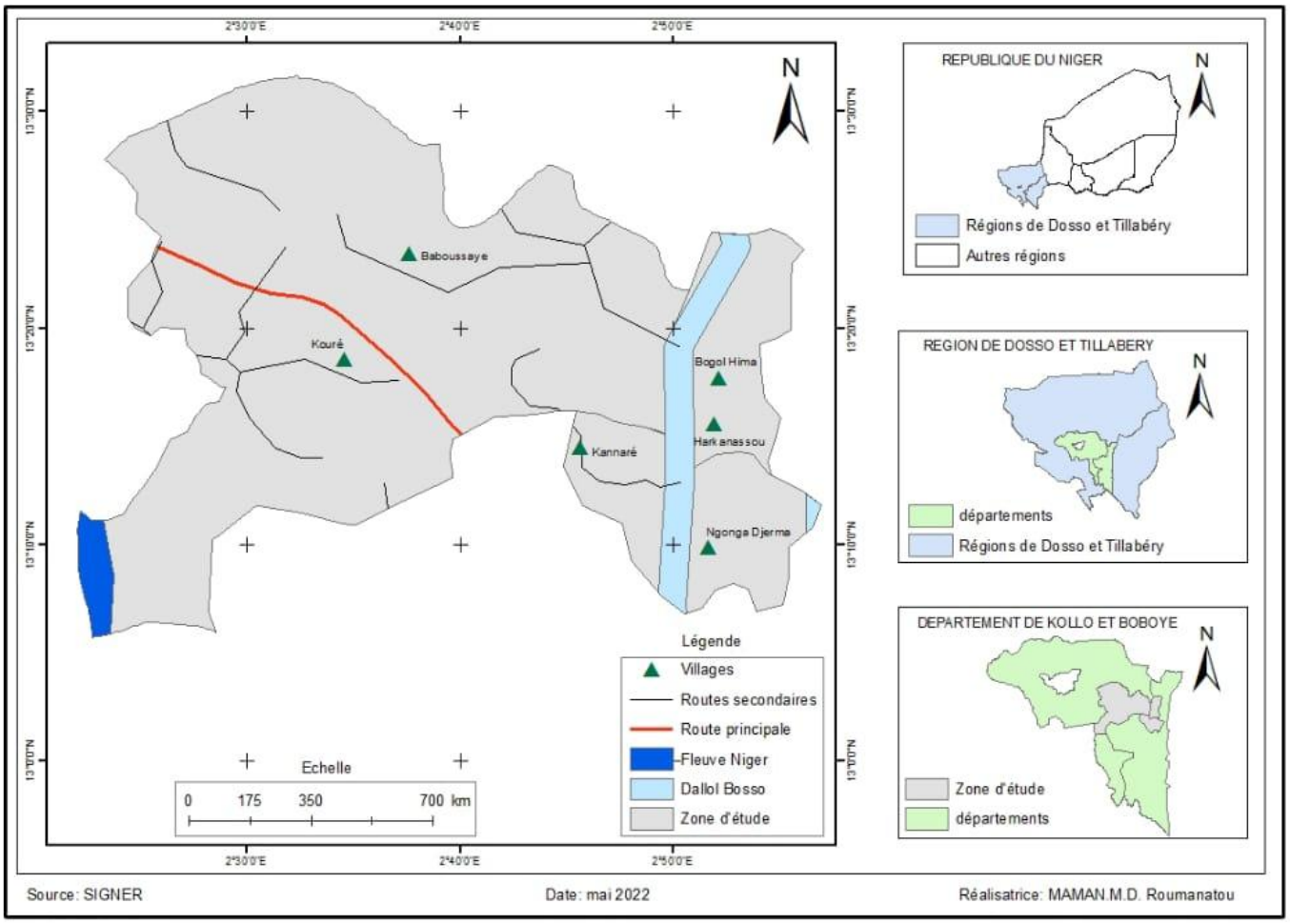


Fig. 1. Carte de localisation de la zone centrale de l'habitat de la girafe

2.2 ECHANTILLONNAGE

Cette étude a été menée dans la zone girafe en tenant compte des caractéristiques géomorphologiques et l'unité d'occupation des sols. Ainsi, selon la classification faite par Ambouta (2006) les sites échantillonnés dans la zone d'étude sont les terroirs de Kouré, Baboussaye (zone des plateaux), Kannaré (zone intermédiaire), Harikanassou, Bogol Hima et N'Gonga Zarma (zone des dallols). La méthode utilisée est celle de l'échantillonnage systématique à travers des transects radiaires disposés dans les six villages. Sur chaque transect, cinq placettes sont placées avec une équidistance de 500 m soit 20 placettes par village. Ensuite, pour avoir une diversité, 34 relevés ont été effectué dans des buissons tigrées sur des transects linéaires avec une équidistance de 50 m. Au total 154 relevés ont été effectués.

2.3 COLLECTE DES DONNÉES

L'inventaire a été conduit dans des placettes de 50 × 50 m et de 50 × 20 m. Dans chacune d'elles, toutes les espèces ligneuses ayant des pieds adultes ont été recensées. Le nombre de tiges par souche a été déterminé et les paramètres dendrométriques mesurés ont été la hauteur des individus, le diamètre à 20 cm du sol pour les arbustes et le diamètre à hauteur de poitrine (DHP = 1,30 m) pour les arbres et les deux diamètres perpendiculaires de la couronne du houppier. La régénération (diamètre < 2 cm) a été évaluée dans des placeaux de 25 mètres carrés (5 m x 5 m) disposées aux angles et au centre [12] en comptant les rejets de souches.

2.4 ANALYSE DES DONNÉES

2.4.1 PARAMÈTRES DENDROMÉTRIQUES CALCULÉS :

Les caractéristiques dendrométriques calculées pour chaque unité d'occupation des sols sont :

Taux de recouvrement moyen des espèces végétales [13] calculé avec la moyenne du houppier des arbres par la formule :

Où r = recouvrement de l'ensemble des individus de la placette (m²) ; di = diamètre moyen du houppier de l'individu i (m) ; s = superficie de la placette (m²) et π = 3,14 ;

Diamètre moyen (D, en cm) (4) : c'est le diamètre des arbres avec une surface terrière moyenne [14] : où n est le nombre des arbres se trouvant dans la placette et d, le diamètre de i ème arbre en cm.

Densité des tiges (N) : étant le nombre de tiges dénombrées par unité de surface ramenées à l'hectare.

Surface terrière (G en m²/ha) se calcule par la formule suivante : avec di = diamètre (en m) de l'arbre "i" de la placette considérée et s = surface en ha. [15].

Contribution en surface terrière (Cs, en pourcent) a été calculée pour *Combretum micrantum, Guiera senegalensis et Annona Senegalensis* suivant la formule ci-après : $Cs = 100\ \frac{Gp}{G}$ avec Gp : surface terrière des arbres de l'espèce considérée et ; G : surface terrière de l'ensemble des arbres de la placette.

Régénération a porté sur le calcul du taux de régénération exprimé en pourcentage (%). Il a été calculé pour la zone d'étude et pour les unités d'occupation de sols [16] :

Tr = $\frac{Nr}{Nt}$ X 100 avec Nr : effectif total des jeunes plants et Nt : effectif total du peuplement.

L'importance spécifique de régénération utilisée par [16] :

$$ISR = \frac{Effectif\ total\ des\ jeunes\ plants\ d'une\ espèce}{Effectif\ des\ jeunes\ plants\ dénombrés} \times 100$$

2.4.1.1 PARAMÈTRES ÉCOLOGIQUES

Les paramètres écologiques calculés sont les suivants :

Richesse spécifique (S, en espèces) : utilisée par [17] nombre total d'espèces présentes dans la zone d'étude.

Indice de diversité de Shannon -Weaver (H, en bits) : utilisée par [18] cet indice a été calculé par la formule suivante : $H' = -\sum_{i=0}^{n} Pi\ log^2 Pi$ avec pi = Abondance relative de l'espèce i dans l'échantillon total auquel appartient l'espèce. n = nombre d'individus de l'espèce i ;

Equitabilité de Pielou (Eq) : utilisée par [18] cet indice mesure la stabilité du peuplement. Elle est obtenue à l'aide de la formule suivante : $E = \frac{Hmax}{log^2(S)}$ Hmax = indice de diversité maximale théorique de Shannon dans le peuplement ; S est défini ci-haut.

Indice de la valeur d'importance (IVI) : la fréquence relative (FR), le recouvrement relatif (RR) et la densité relative (DR) de chaque espèce ont été calculés puis combinés pour la détermination des indices de la valeur d'importance des espèces, Index Value Importance : IVI. Cette méthode est couramment utilisée pour classer les espèces et caractériser les différents groupements à partir de leurs physionomies [19]. Ainsi, pour une espèce α, IVIα est calculé en utilisant la formule suivante :

IVIα = DRα + FRα + RRα avec $DR\alpha = \frac{n\alpha}{\sum_{k=1}^{k} n\alpha} \times 100$

$$FR\alpha = \frac{f\alpha}{\sum_{\alpha=1}^{k} f\alpha} \times 100\ ;\ f\alpha = \frac{j\alpha}{k}\ et\ RR\alpha = \frac{R\alpha}{\sum_{\alpha=1}^{n} R\alpha} \times 100$$

DRα, FRα et RRα sont utilisées respectivement pour le calcul de la densité relative, la fréquence relative et la dominance relative (recouvrement relatif) pour une espèce *α*. Dans ces équations, *nα* est le nombre total des individus de l'espèce *α*. *fα* est la fréquence de l'espèce *α* ; *jα* est le nombre des relevés où l'espèce *α* a été recensée et *k* c'est le nombre total des relevés effectués. Le recouvrement *Rα* est défini comme étant la proportion de la surface occupée par l'ensemble des houppiers des individus de l'espèce par projection verticale au sol. Rα = aαNα/nα ; où *aα* étant le surface terrière de l'espèce *α* ; *Nα* correspond à la densité des arbres de l'espèce considérée et *nα* est défini ci-haut. La valeur d'IVI varie de 0 (absence de dominance) à 300 (mono-dominance). Cet indice donne la valeur d'importance d'une espèce dans un peuplement donnée.

2.4.2 STRUCTURE DÉMOGRAPHIQUE

La répartition des arbres selon les classes de hauteur et de diamètre a été réalisée à l'aide d'histogrammes de distributions de fréquences relatives calculées selon les classes de diamètre et de hauteur. Elle s'est concentrée sur quatre unités géomorphologiques : la brousse tigrée, les champs, les jachères et la steppe arbustive. À cette fin, les espèces végétales ont été classées en classes de diamètre avec une amplitude de "5" et en classe de hauteur d'amplitudes "3". Pour mieux caractériser la variabilité de la forme des structures

observées et permettre des comparaisons entre structures, un ajustement théorique de la distribution de Weibull basé sur la méthode du maximum de vraisemblance a été appliqué (Husch *et al*., 2003, cité par [20]) en utilisant le logiciel Minitab 14.1. Il est basé sur la fonction de densité de probabilité de la distribution de Weibull F, définie comme :

F(x) = c/b ((x-a)/b)c-1 exp (-((x-a)/b)c)

Avec *a* : paramètre de position ; il est égal à 0 si toutes les catégories d'arbres sont considérées (des plantules jusqu'aux semenciers) lors de l'inventaire ; il est non nul si les arbres considérés ont un diamètre ou hauteur supérieur ou égal à *a*. *b* est un paramètre d'échelle ou de taille, il est lié à la valeur centrale des diamètres ou hauteurs des arbres du peuplement considéré ; "*c*" est le paramètre de forme (ou pente de Weibull) lié à la structure en diamètre ou hauteur considérée et *x* = diamètre (Tableau 1).

La répartition selon la classe de diamètre de toutes les essences inventoriées (structure horizontale) au sein d'un peuplement permet de prédire l'avenir de ce peuplement. L'analyse est réalisée selon les concepts de [21] qui distingue trois types de dynamique structurelle des assemblages d'essences de bois.

- Un premier type dit stable. Elle se caractérise par un grand nombre d'individus dans de petites classes (sujets jeunes), un petit nombre d'individus de grande taille (sujets adultes) et une diminution périodique du nombre d'individus d'une classe de taille à la suivante ;
- Un deuxième type, dit en déclin, se caractérise par une diminution du nombre de petites classes, une augmentation du nombre de tiges dans les classes intermédiaires et une répartition irrégulière des individus dans ces classes.
- Le troisième type est qualifié de dégradé et se caractérise par un grand nombre de sujets de grande taille et un très petit nombre d'individus jeunes.

Tableau 1. Forme de la distribution de Weibull selon les valeurs du paramètre C

C < 1	Distribution en « J renversé », caractéristique des peuplements multispécifiques ou inéquiennes.
C = 1	Distribution exponentiellement décroissante, caractéristique des populations en extinction.
1 < C < 3,6	Distribution asymétrique positive ou asymétrique droite, caractéristique des peuplements monospécifiques avec prédominance d'individus jeunes ou de faible diamètre.
C = 3,6	Distribution symétrique ; structure normale, caractéristique des peuplements équiennes ou monospécifiques de même cohorte.
C > 3,6	Distribution asymétrique négative ou asymétrique gauche, caractéristique des peuplements monospécifiques à prédominance d'individus âgés.

2.4.3 AUTRES ANALYSES STATISTIQUES

Des analyses univariées (Kruskal_Wallis) ont été utilisées pour comparer les différentes zones agroécologiques au regard de leurs densités, leurs diamètres, leurs hauteurs de Lorey, leur taux de régénération naturelle et leurs recouvrements moyens grâce au logiciel Minitab 14.1. Le test de Kruskal-Wallis est un test non paramétrique à utiliser lorsque vous êtes en présence de k échantillons indépendants, afin de déterminer si les échantillons proviennent d'une même population ou si au moins un échantillon provient d'une population différente des autres. Il est souvent utilisé comme une alternative à l'ANOVA dans le cas où l'hypothèse de normalité n'est pas acceptable.

3 RÉSULTATS

3.1 COMPOSITION FLORISTIQUE

La flore ligneuse de la zone girafe est composée 33 espèces reparties en 25 genres et 15 familles. Les familles les plus représentées sont les Fabaceae avec 12 espèces (37 %), suivies des Capparaceae et des Combretaceae avec 4 espèces chacune (12 %), et des Apocynaceae avec 2 espèces (6%). Les autres familles quant à elles sont représentées par une espèce chacune (Figure 2).

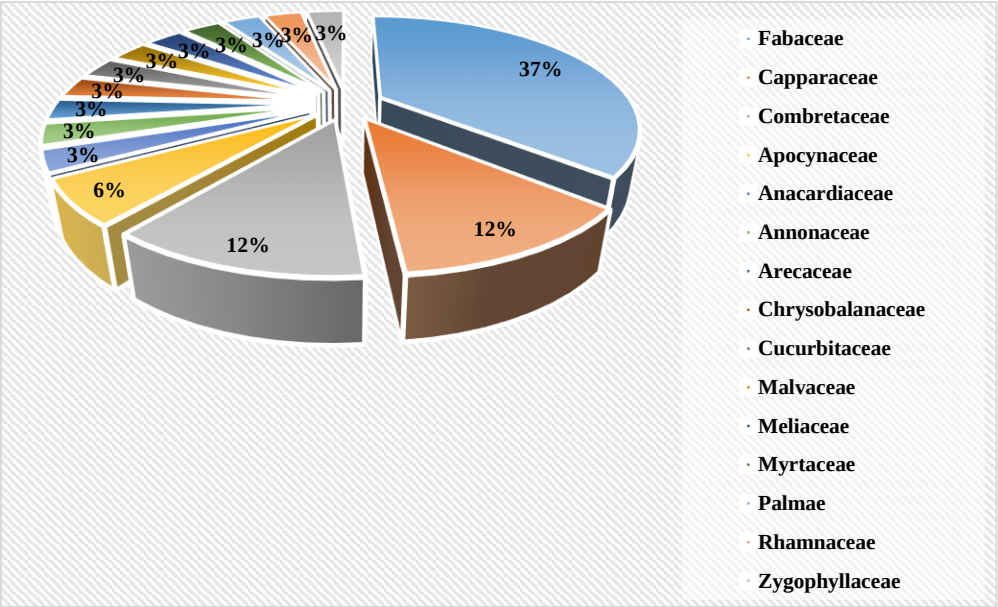


Fig. 2. Fréquence relative des familles des essences dans le peuplement

3.2 CARACTÉRISTIQUES DENDROMÉTRIQUES

Le diamètre moyen obtenu est de 4,03 cm dans la brousse tigrée et 3,23 cm dans les champs contre 2,92 et 2,94 cm respectivement dans la steppe arbustive et dans les jachères. Quant à la hauteur moyenne de Lorey, elle est plus importante dans les champs et les jachères avec 4,55 et 4,41 m que dans la brousse tigrée et la steppe arbustive avec 2,47 et 2,93 m (tableau 2).

La densité de tiges dénombrées par unité de surface ramenées à l'hectare a également été calculée. Elle est de 128,92 tiges à l'hectare pour la zone d'étude avec 127 m²/ha de surface terrière. Dans les unités d'occupations du sol, 727,50 tiges/ha ont été dénombrées dans la brousse tigrée avec 425, 26 m²/ha de surface terrière ; contre 126,85 tiges/ha avec 12,53 m²/ha dans la steppe arbustive. Quant aux champs et aux jachères, ils ont enregistré de faibles valeurs de ses paramètres : 30,81 tiges/ha avec 5,79 m²/ha et 57,87 tiges/ha avec 5,05 m²/ha respectivement (Tableau 2).

La zone d'étude a une mauvaise capacité de régénération (taux de régénération = 25 %). Il est aussi faible pour les jachères avec 25,41 % et la steppe arbustive avec 21,21 % et très faible pour la brousse tigrée avec 9,23 %. Par contre il est moyen dans les champs (44,13 %).

Tableau 2. Paramètres dendrométriques du peuplement ligneux

Unités / Paramètres dendrométriques	Brousse tigrée	Steppe arbustive	Champs	Jachère
Diamètre moy (cm)	4,03 ± 1,66	2,92 ± 1,51	3,23 ± 2,08	2,94 ± 1,84
Hauteur moy de Lorey (m)	2,47 ± 0,85	2,93 ± 2	4,55 ± 3,36	4,41 ± 3,67
Densité (tiges/ha)	727,50	126,85	30,81	57,87
Surface terrière (m²/ha)	425,26	12,53	5,79	5,05
Taux de recouvrement moy (%)	11,54	6,06	3,19	4,59
Taux de régénération naturelle (%)	9,23	21,21	44,13	25,41

L'analyse de l'importance spécifique de la régénération (ISR) met en évidence une nette dominance de l'espèce *G. senegalensis* qui représente 54,29 % de la régénération de la zone d'étude ; suivis d'*A. senegalensis* avec 27,44 % d'importance spécifique de la régénération (Tableau 3). Par contre *C. micrantum* a une faible valeur d'importance spécifique de la régénération ; mais enregistre la plus grande contribution en surface terrière (11,6 %) contre 5,75 % pour *G. senegalensis* et 0,37 % pour *A. senegalensis* (Tableau 3).

Tableau 3. Contribution en surface terrière et densité moyenne de régénération de G. senegalensis, C. micrantum et A. senegalensis

Espèces	Cs en surface terrière	Importance spécifique de régénération (ISR en %)
Guiera senegalensis	5,75	54,29
Annona senegalensis	0,37	27,44
Combretum micrantum	11,6	2,84

3.3 DIVERSITÉ FLORISTIQUE DE LA VÉGÉTATION LIGNEUSE

Le plus grand effectif en termes d'espèces est obtenu dans les champs avec 21, suivis des jachères avec 16 puis de la brousse tigrée et de la steppe arbustive avec 14 et 13 (Tableau 4). La même tendance est observée quant aux indices de diversités. Les champs sont les plus diversifiés avec 3,44 bits et 0,78 d'indice d'équitabilité, suivi des jachères et de la steppe arbustive. Par contre la diversité est faible dans la brousse tigrée avec 1,63 bits avec 0,43 d'indice d'équitabilité.

Tableau 4. Paramètres floristiques du peuplement ligneux

Paramètres floristiques	Unités			
	Brousse tigrée	Steppe arbustive	Champs	Jachère
Richesse spécifique	14	13	21	16
Indice de Shanon (bits)	1,63	1,93	3,44	2,98
Equitabilité de Pielou	0,43	0,52	0,78	0,74

Le résultat du calcul des IVI sont consignés dans l'annexe 5. Le tableau 5 donne les dix premières espèces en termes de la valeur d'IVI. *Combretum micrantum* et *Guiera senegalensis* possèdent les IVI les plus élevé (respectivement 0,96 et 0,92) comparativement aux autres espèces. Elles sont suivies de *Annona Senegalensis* qui a 0,22. Les autres espèces ont moins de 0,16.

Tableau 5. 5 : Valeurs de l'indice de valeur d'importance de dix premières espèces dans la zone girafe

Espèce	IVI	Espèce	IVI
Combretum micrantum	0,96	*Balanites aegyptiaca*	0,12
Guiera senegalensis	0,92	*Boscia senegalensis*	0,11
Annona senegalensis	0,22	*Maerua crassifolia*	0,06
Faidherbia albida	0,16	*Combretum glutinosum*	0,05
Piliostigma reticulatum	0,12	*Neocarya macrophylla*	0,05

3.4 STRUCTURE DE LA VÉGÉTATION LIGNEUSE

3.4.1 RÉPARTITION PAR CLASSE DE DIAMÈTRE

La répartition par classes de diamètre des individus dans la brousse tigrée et dans les champs, s'ajuste à la distribution théorique de Weibull avec le paramètre de forme c ($1 < C < 3,6$), qui indique une distribution asymétrique positive ou asymétrique droite, caractéristique des peuplements plurispécifiques avec prédominance d'individus jeunes ou de faible diamètre (Figure 3). Pour les steppes arbustives et les jachères, la courbe de répartition des classes de diamètre présente une allure en « J renversé » caractéristique des peuplements multi-spécifiques à fort potentiel de régénération (Figure 3).

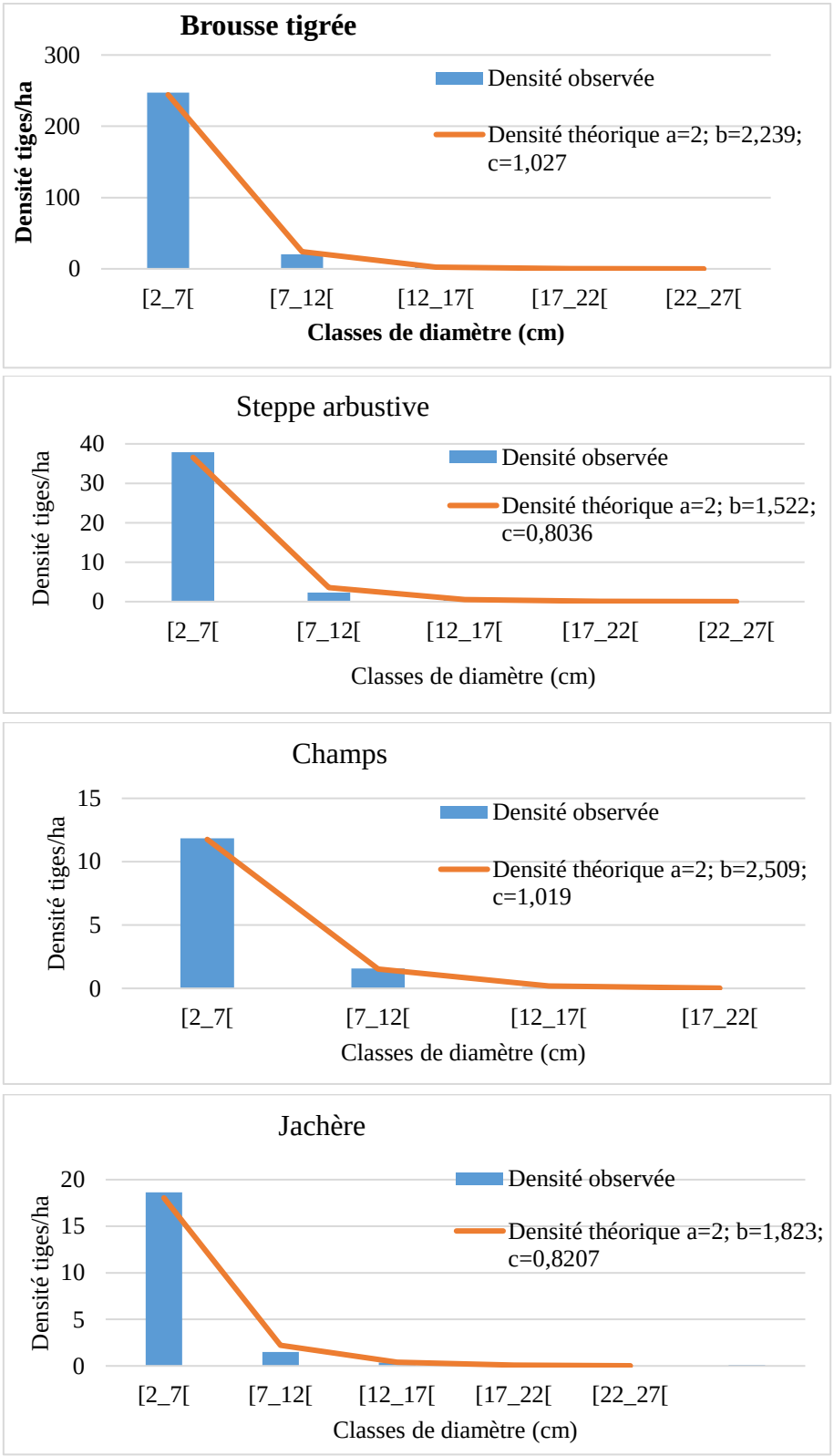


Fig. 3. Structure démographique des essences dans le peuplement réparti par classes de diamètre selon les unités géomorphologiques

3.4.2 RÉPARTITION PAR CLASSE DE HAUTEUR

La distribution des classes de hauteur observée dans les steppes arbustives, les champs et les jachères s'ajuste avec une distribution théorique de Weibull avec le paramètre de forme c, avec c (C < 1). Cette distribution en « J renversé » est caractéristique des peuplements multispécifiques ou inéquiennes. Quant à la répartition des hauteurs dans la brousse tigrée, elle correspond à une distribution asymétrique droite, caractéristique des peuplements plurispécifiques avec prédominance d'individus jeunes (Figures 4).

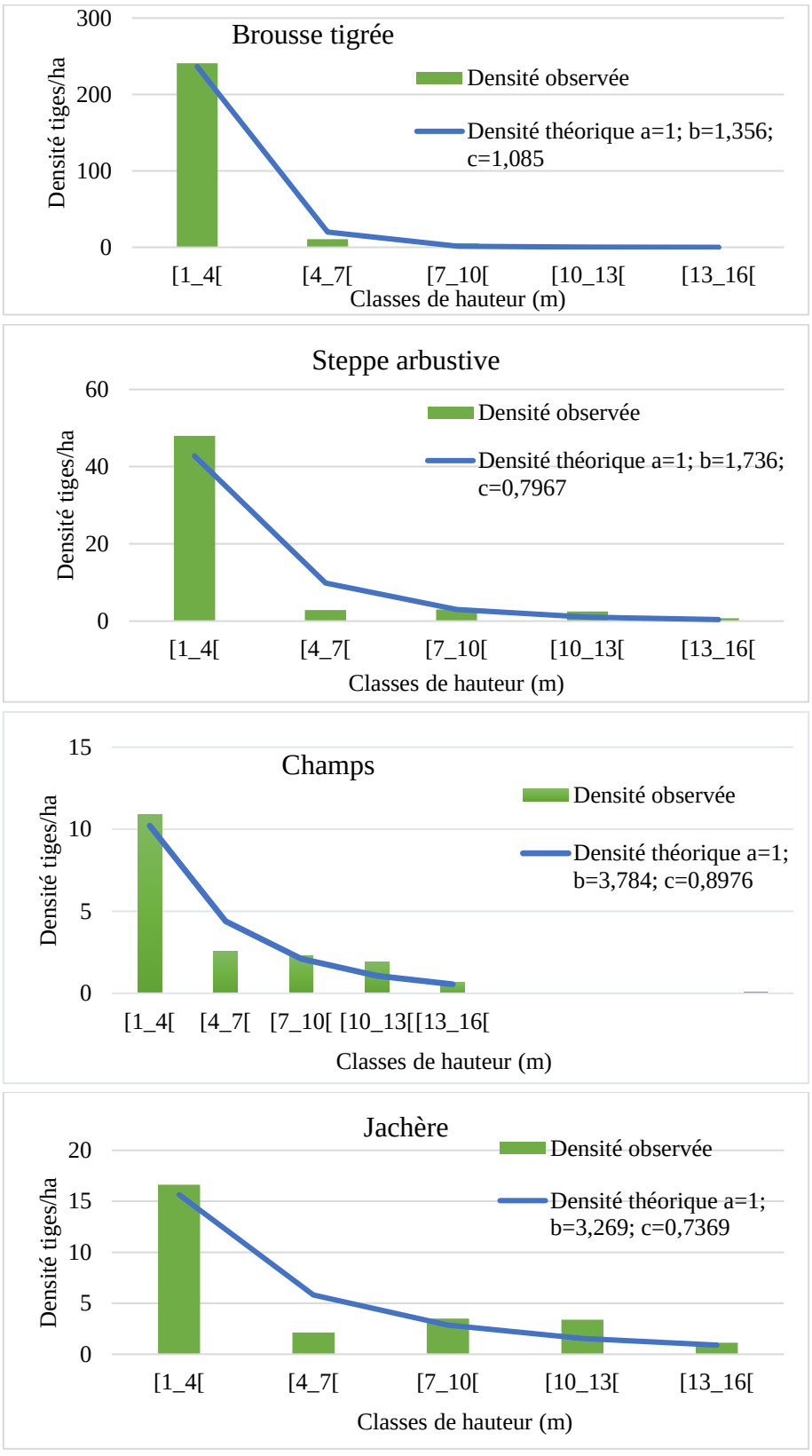


Fig. 4. Structure démographique des essences dans le peuplement réparti par classes de hauteur

3.5 COMPARAISON DES ZONES AGROÉCOLOGIQUES

La comparaison des moyennes entre les différentes zones montre une similarité entre la zone des plateaux et la zone intermédiaire, mais une différence significative entre ces dernières et la zone des dallols en termes de hauteur moyenne par relevé. Par contre, pour le diamètre moyen par relevé, la différence est hautement significative entre les trois zones avec p<0,005 (Tableau 6).

Tableau 6. Comparaison des moyennes dans les trois zones agroécologiques

	Zone des dallols	Zone de plateau	Zone-intermédiaire	P_value
Hauteur	4,975 ± 3,516 (b)	3,415 ± 2,582 (a)	3,580 ± 2,709 (a)	0,024
Diamètre	2,306 ± 1,406 (a)	3,719 ± 1,348 (b)	3,811 ± 1,944 (c)	0,000

**: p<0,05 différence significative ; **: p<0,005 différence hautement significative, *Les valeurs portant des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5%.*

4 DISCUSSION

L'étude réalisée dans la zone centrale de l'habitat de la girafe du Niger a permis de mettre en évidence une flore ligneuse relativement pauvre et dominée par quelques espèces typiques des savanes sèches de l'Afrique de l'Ouest. Les 33 espèces recensées, réparties dans 15 familles et 25 genres, traduisent une diversité spécifique assez faible par rapport à d'autres études menées dans des milieux similaires au Niger et dans la sous-région [16 ; 17]. Par exemple, [18] ont inventorié 51 espèces dans les parcs agroforestiers de Baban Rafi, et [9] ont dénombré 68 espèces dans les forêts classées de Côte d'Ivoire. Cette différence peut s'expliquer par les fortes pressions humaines observées dans l'habitat de la girafe, mais aussi par la pauvreté des sols.

Les Fabaceae, les Capparaceae et les Combretaceae sont les familles les plus importantes et traduisent une adaptation remarquable aux conditions xériques. Leur dominance est souvent considérée comme un indicateur de dégradation ou de pression écologique, ces familles regroupant plusieurs espèces pionnières ou tolérantes à la sécheresse, capables de se régénérer par voie végétative [22 ; 23]. La prépondérance de *Guiera senegalensis*, *Combretum micranthum* et *Annona senegalensis* confirme cette tendance, ces espèces occupant rapidement les sols appauvris ou surexploités. Ce phénomène de combretisation ou guierisation, déjà signalé dans d'autres zones sahéliennes [24 ; 25 ; 5], constitue un symptôme de simplification écologique et de perte de diversité fonctionnelle.

Sur le plan dendrométrique, la densité moyenne (235,75 tiges/ha) et la surface terrière (112,14 m²/ha) observées dans la zone étudiée traduisent une structure forestière clairsemée. Les brousses tigrées présentent la plus forte densité (727,5 tiges/ha), mais avec un faible taux de régénération (9,23 %), tandis que les champs et les jachères, bien que moins denses, montrent une régénération plus active (jusqu'à 44 %). Ces résultats suggèrent que les interventions humaines notamment la régénération naturelle assistée (RNA) et la mise en défens des parcelles agricoles contribuent positivement au renouvellement de la végétation. De tels constats rejoignent ceux de [27] et [26], qui ont montré que la RNA favorise le reverdissement du Sahel et le maintien de la couverture ligneuse dans les agroécosystèmes.

Les indices de diversité (H' de Shannon = 3,44 bits dans les champs) révèlent une diversité moyenne à forte dans les zones cultivées et les jachères, et faible dans les brousses tigrées (1,63 bits). Ceci peut s'expliquer par la dynamique des usages du sol : les zones cultivées sont soumises à des perturbations périodiques favorisant le mélange d'espèces pionnières, alors que la brousse tigrée, plus stable mais surexploitée, tend vers une homogénéisation floristique. Les faibles valeurs d'équitabilité (0,43 dans la brousse tigrée) confirment la dominance de quelques espèces opportunistes au détriment d'une distribution équilibrée des individus.

La structure démographique met en évidence une prédominance d'individus jeunes dans les brousses tigrées et les champs, traduisant des peuplements à régénération active mais encore instable. Les distributions en « J renversé » observées dans les jachères et steppes arbustives témoignent, quant à elles, d'un équilibre écologique relatif et d'un bon potentiel de régénération [28]. Ces différences illustrent la variabilité des pressions d'usage : coupe de bois, surpâturage et feux précoces dans les zones de plateau contrastés avec la régénération plus protégée des dallols. Cette structure en « L » est un indice de dégradation [29].

Quant à la structure verticale, elle est caractérisée par la dominance d'espèces buissonnantes de 1 à 4 m de hauteur et suggère un appauvrissement de la strate arborée supérieure au profit de la strate arbustive, indicatrice de déforestation et de dégradation. Ce type de structure verticale se traduit par une perte de complexité spatiale, avec des répercussions directes sur les habitats fauniques, notamment ceux de la girafe (*Giraffa camelopardalis peralta*). L'appauvrissement des grands ligneux réduit non seulement la disponibilité des ressources alimentaires pour la girafe, mais aussi la connectivité des corridors écologiques nécessaires à ses déplacements.

Enfin, la comparaison des zones agroécologiques met en évidence des différences significatives de diamètre et de hauteur moyenne selon les conditions géomorphologiques. La zone des dallols, plus humide, présente une meilleure croissance en hauteur, alors que les plateaux latéritiques, plus secs et dégradés, montrent une végétation rabougrie.

5 CONCLUSION

Cette étude met en évidence une végétation ligneuse appauvrie et dominée par quelques espèces résistantes à la perturbation. La végétation de cette zone est clairsemée et se compose de 33 espèces ligneuses réparties en 15 familles et 25 genres. Les familles dominantes sont les Fabaceae, les Capparaceae et les Combretaceae. Les champs apparaissent comme les unités les plus diversifiées, alors que la brousse tigrée, pourtant dense, présente un faible potentiel de régénération.

L'analyse de la structure démographique selon les classes de diamètre et de hauteur révèle que les peuplements de la brousse tigrée traduisent une dynamique de dégradation, alors que ceux des autres unités, bien que relativement plus stables, présentent des signes de perturbation.

REFERENCES

[1] INS. (2022). *Le Niger en chiffres 2018–2020*. Institut National de la Statistique, Niamey.
[2] Jiagho, E. R. (2018). *Flore et végétation ligneuse du Niger*. Université Abdou Moumouni, Niamey.
[3] INS. (2012). Quatrième recensement général de la population et de l'habitat (RGPH 2012). Institut National de la Statistique, Niamey.
[4] ANP. (2023). *Campagne agricole 2022–2023*. Agence Nationale de la Production.
[5] Morou, B. (2010). *Impacts de l'occupation des terres sur la végétation sahélienne*. Thèse de doctorat, Université Abdou Moumouni.
[6] Wezel, A., & Lykke, A. M. (2006). Woody vegetation change in Sahelian Niger. *Journal of Arid Environments*, 65, 623–639.
[7] Traoré, L., et al. (2011). Structure et diversité des formations ligneuses. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(2), 123–135.
[8] Yao, K., et al. (2013). Diversité floristique des savanes africaines. *Afrique Science*, 9(3), 45–60.
[9] Ibrahima, A., et al. (2023). Structure des peuplements ligneux en zone sahélienne. *Journal of Applied Biosciences*, 180, 18765–18778.
[10] ASGN. (2018). *Plan d'aménagement de la Réserve des Girafes du Niger*. Association pour la Sauvegarde des Girafes du Niger.
[11] Ambouta, K. (2006). Méthodes d'inventaire forestier en milieu sahélien. Université Abdou Moumouni.
[12] Thiombiano, A., et al. (2016). Caractéristiques des formations végétales soudano-sahéliennes. *Bois et Forêts des Tropiques*, 327, 25–38.
[13] Kaou, M., et al. (2017). Analyse structurale des peuplements ligneux au Niger. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 31(2), 5032–5045.
[14] Van Laar, A., & Akça, A. (2007). *Forest Mensuration*. Springer.
[15] Inoussa, M. M. (2011). Diversité et structure des formations végétales au Niger. Mémoire de Master, Université Abdou Moumouni.
[16] Boubakar, H., et al. (2021). Structure des formations ligneuses sahéliennes. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 13(4), 55–66.
[17] Sehoubo, D., et al. (2023). Dynamique des écosystèmes sahéliens. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 15(1), 1–12.
[18] Barmo, S., et al. (2019). Caractérisation floristique des savanes du Niger. *Afrique Science*, 15(5), 120–132.
[19] Glèlè Kakaï, R., & Sinsin, B. (2009). Méthodes d'analyse de la structure des peuplements forestiers. *Annales des Sciences Agronomiques*, 13(2), 45–60.
[20] Abdourhamane, H., et al. (2013). Paramètres dendrométriques des formations sahéliennes. *Journal of Applied Biosciences*, 69, 5505–5515.
[21] Peters, C. M. (1997). Sustainable Harvest of Non-Timber Plant Resources in Tropical Moist Forest. The Biodiversity Support Program.
[22] Bellefontaine, R. (2005). Régénération naturelle en zones sèches africaines. *Bois et Forêts des Tropiques*, 284, 3–15.
[23] Thiombiano, A. (1996). Étude floristique des savanes du Burkina Faso. Thèse de doctorat, Université de Ouagadougou.
[24] Boubacar, H. (2010). Diversité végétale et pression anthropique au Niger. Thèse de doctorat.
[25] Dimobe, K., et al. (2012). Diversité floristique en zone soudano-sahélienne. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(4), 1824–1838.
[26] Savadogo, P., et al. (2015). Structure des formations végétales au Sahel. *Journal of Arid Environments*, 113, 1–10.
[27] Garba, A., et al. (2017). Dynamique des peuplements ligneux au Niger. *Journal of Applied Biosciences*, 117, 11654–11665.
[28] Glèlè Kakaï, R., et al. (2016). Analyse statistique des données forestières. Cotonou: Presses Universitaires du Bénin.
[29] Tchobsala, B., et al. (2010). Structure et régénération des formations soudaniennes. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4(5), 1450–1463.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 876-885
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Urbanisation et gestion des espaces agricoles périurbains d'Abidjan: Cas de Songon (Abidjan Ouest)

[Urbanization and management of arable land in the peripherals areas of Abidjan: The case of the Songon (West of Abidjan)]

YEO Nalourou Philippe René[1] and N'ZUE Kevin Fabrice[2]

[1]Département de Sociologie, Université Péléforo Gbon Coulibaly de Korhogo, Côte d'Ivoire

[2]Département de Bioanthropologie, Institut des Sciences Anthropologiques de Développement, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: Urbanization is the process through which a society or territory transitions from a predominantly rural lifestyle to a mainly urban one. Although commonly associated with economic and social development, it causes significant spatial transformations, particularly increasing pressure on rural and peri-urban land. In Côte d'Ivoire, this issue remains insufficiently integrated into public planning policies, despite being a pressing reality. Local populations often do not fully perceive the challenges related to the sustainable management of agricultural spaces, which are vital for food security and the local economy. It is therefore essential to implement appropriate mechanisms to conserve these lands, especially in urban peripheries. Understanding land management practices provides a relevant starting point to analyze the tensions between urban expansion and agricultural preservation. This study, conducted in Songon, examines the management of agricultural spaces amid urbanization, identifying policies and local practices. The methodology combines documentary research, direct observation, semi-structured interviews, and a questionnaire survey. Twenty key actors, including customary and village authorities and relevant ministry officials, were interviewed using purposive sampling, while a simple random sample covered 204 landowners. The results highlight policies favoring urbanization over integrated agricultural management, leading to a significant reduction of agricultural land. Sustainable management of this limited resource requires collective awareness and coordinated action by institutional and local actors.

KEYWORDS: Songon, urbanization, management, agricultural spaces, peri-urban areas.

RESUME: L'urbanisation désigne le processus par lequel une société ou un territoire passe d'un mode de vie essentiellement rural à un mode de vie urbain. Bien qu'associée au développement économique et social, elle entraîne des transformations spatiales importantes, notamment une pression accrue sur le foncier rural et périurbain. En Côte d'Ivoire, cette question reste peu intégrée aux politiques publiques, alors qu'elle constitue une réalité préoccupante. Les populations locales ne perçoivent pas toujours les enjeux liés à la gestion durable des espaces agricoles, pourtant essentiels à la sécurité alimentaire et à l'économie locale. Il est donc nécessaire de mettre en place des mécanismes adaptés pour préserver ces terres, surtout en périphérie urbaine. La compréhension des modes de gestion foncière constitue un point de départ pertinent pour analyser les tensions entre urbanisation et préservation agricole. Cette étude, conduite à Songon, analyse le processus de gestion des espaces agricoles face à l'urbanisation, en identifiant les politiques et pratiques locales. La méthodologie repose sur une approche mixte combinant recherche documentaire, observation directe, entretiens semi-directifs et enquête par questionnaire. Vingt acteurs clés, dont les autorités coutumières et villageoises et des agents des ministères concernés, ont été interrogés selon un échantillonnage raisonné, tandis qu'un échantillonnage aléatoire simple a porté sur 204 propriétaires terriens. Les résultats révèlent une politique favorisant l'urbanisation au détriment d'une gestion intégrée des espaces agricoles, entraînant un recul significatif du foncier. La gestion durable de cette ressource limitée nécessite une mobilisation collective et coordonnée des acteurs institutionnels et locaux.

MOTS-CLEFS: Songon, urbanisation, gestion, espaces agricoles, périurbain.

1 INTRODUCTION

L'urbanisation consiste à étendre les zones urbaines à travers la construction d'infrastructures routières, scolaires, industrielles et sanitaires, ainsi que par la modernisation des habitats. Elle est principalement alimentée par la croissance démographique et l'augmentation des besoins en espace. L'histoire de l'évolution démographique mondiale illustre l'ampleur de ce phénomène: la population mondiale n'atteignit qu'un milliard d'habitants en 1830, deux milliards en 1930, quatre milliards en 1975, six milliards en 1999 et huit milliards en 2021. Selon les projections des Nations Unies (2007), la population mondiale pourrait atteindre 9,7 milliards en 2050 et 10,9 milliards en 2100, dont une part importante sera urbaine, estimée à 6,4 milliards en 2050. En Afrique subsaharienne, la population urbaine connaît une croissance annuelle d'environ 3,7 %, bien supérieure à celle des autres continents, accentuant la pression sur les espaces urbains et périurbains (ONU-Habitat, 2008).

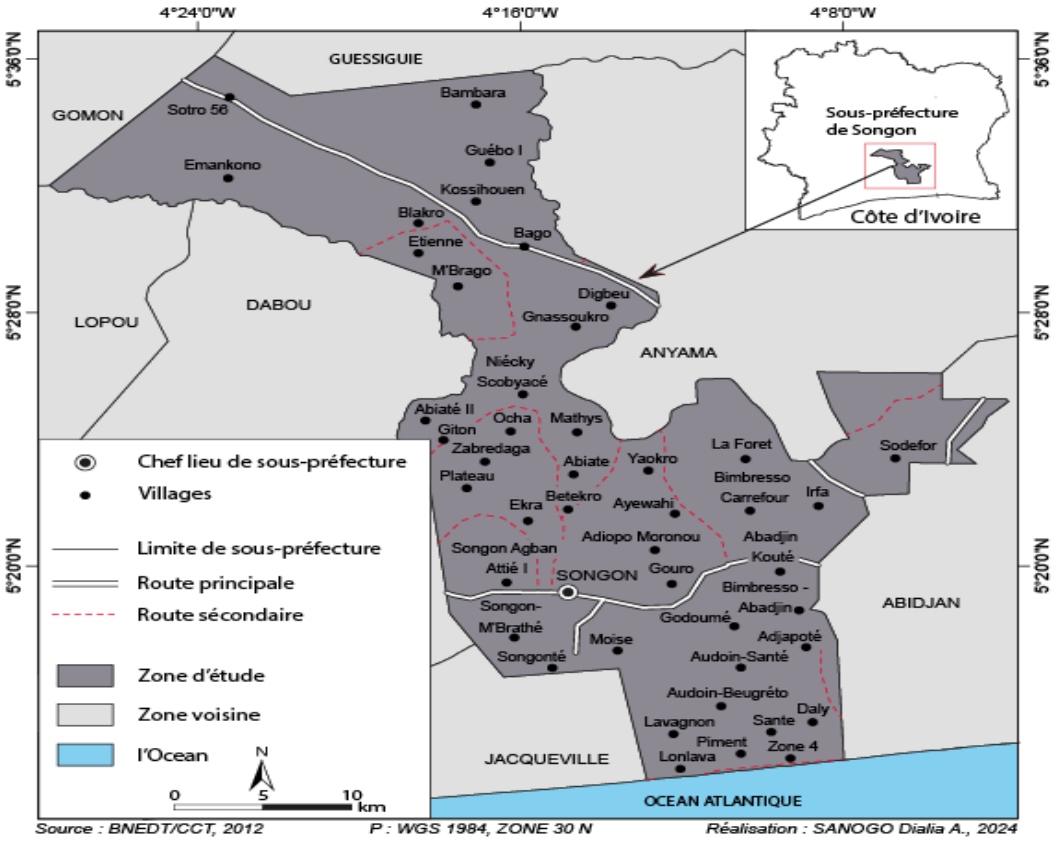
En Côte d'Ivoire, l'urbanisation rapide des villes, notamment d'Abidjan, traduit cette dynamique. Le 5e Recensement Général des Populations et de l'Habitat (2021) estime la population nationale à 29,4 millions d'habitants, dont 52,5 % en zone urbaine. Abidjan concentre 5,6 millions d'habitants, répartis principalement dans les communes de Yopougon, Abobo et Cocody. L'accroissement démographique entraîne une forte demande en logements et en infrastructures, exerçant une pression considérable sur le foncier. Cette situation met en lumière le rôle central du foncier dans le développement économique et social, car il constitue à la fois un lien social, une ressource stratégique et un enjeu économique majeur (Nouhou, 2009; Alain et Etienne, 2010). L'expansion urbaine entraîne la transformation des espaces ruraux et périurbains. Selon Tricaud (1996), l'espace périurbain devient le lieu privilégié des changements, avec un gradient spatial et temporel dans la transformation des terres. Autour d'Abidjan, cette évolution se traduit par la diminution significative des terres agricoles, affectant particulièrement les activités agricoles, vitales pour la sécurité alimentaire et l'économie locale (Yao Kouakou et al., 2010; Konan, 2017; Oura, 2012).

Cette situation est aggravée par l'absence d'un cadre juridique et réglementaire solide pour l'agriculture périurbaine, malgré l'existence de documents d'urbanisme tels que le Schéma Directeur d'Urbanisme et le Plan Directeur d'Urbanisme. Ces documents privilégient le développement industriel et résidentiel au détriment des activités agricoles, entraînant des conflits entre acteurs, une forte commercialisation du foncier et un recul des terres cultivables (Matthys et al., 2006; Réseau des territoires agri-urbains, 2013). Dans la commune de Songon, située en périphérie d'Abidjan, l'urbanisation croissante exerce une pression notable sur les terres agricoles. À Allokoi, par exemple, la montée des prix fonciers et la conversion des villageois en vendeurs de terrain témoignent de la complexité de la gestion de l'espace agricole face à l'expansion urbaine (N'zue, 2018). Les conflits d'usage et la multiplicité des acteurs rendent la gestion foncière difficile, compromettant la pérennité de l'agriculture périurbaine et, par conséquent, la sécurité alimentaire. La pression urbaine croissante sur les terres agricoles périurbaines d'Abidjan, et particulièrement à Songon, menace la pérennité de l'agriculture locale et fragilise la sécurité alimentaire des populations. L'urbanisation se déploie sans intégration adéquate des activités agricoles dans la planification urbaine, générant conflits fonciers, accaparement des terres et diminution de la surface cultivable. La question de recherche posée est la suivante: comment la gestion des terres agricoles à Songon s'adapte-t-elle à la pression de l'urbanisation et quelles politiques ou pratiques pourraient concilier expansion urbaine et préservation des espaces agricoles ?

Cette étude vise à analyser les pratiques de gestion foncière ainsi que des résultats observés. L'objectif est de mieux comprendre la dynamique de transformation des espaces agricoles périurbains et de proposer des pistes pour une gestion durable de ces ressources limitées.

2 MATERIELS ET METHODES

La présente recherche a été conduite dans la commune de Songon, située dans le District Autonome d'Abidjan, au sud de la Côte d'Ivoire (voir la carte ci-dessous). Songon se caractérise par une dynamique foncière marquée, liée à une forte pression démographique, à l'extension urbaine et à la coexistence de systèmes fonciers coutumiers et étatiques. Ces spécificités en font un terrain pertinent pour l'analyse des modes de gestion foncière et des interactions entre acteurs institutionnels et autorités traditionnelles.



Graphique 1. Localisation de la zone d'étude

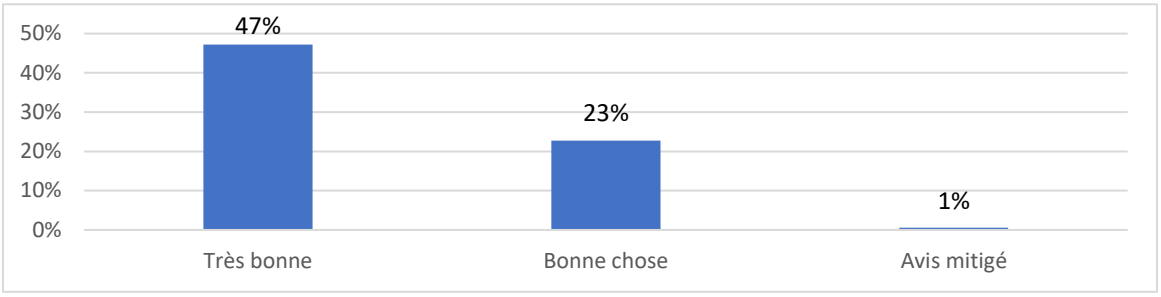
Sur le plan méthodologique, l'étude s'inscrit dans une approche mixte, combinant des méthodes qualitatives et quantitatives. La phase qualitative a mobilisé une recherche documentaire et des observations directes de terrain, visant à analyser les pratiques et mécanismes de gestion du foncier à Songon. Elle a été complétée par des entretiens semi-directifs réalisés auprès de vingt (20) acteurs clés, sélectionnés selon un échantillonnage typique à choix raisonné. Cet échantillon est composé de membres du conseil de terre, du chef de terre, des autorités villageoises (chef de village et notables), ainsi que d'agents des ministères en charge de la Construction, de l'Urbanisme et de l'Habitat, du Plan et du Développement, et de l'Agriculture. Le choix de ces enquêtés se justifie par leur rôle institutionnel et coutumier dans la gouvernance foncière locale. La phase quantitative repose sur un échantillonnage aléatoire simple auprès de deux cent quatre (204) propriétaires terriens impliqués dans la gestion des terres de la commune. Un questionnaire structuré leur a été administré afin de recueillir leurs perceptions des enjeux fonciers et des politiques de gestion foncière en vigueur à Songon. Les données qualitatives ont été traitées manuellement selon la méthode de l'analyse de contenu, tandis que les données quantitatives ont fait l'objet d'un traitement statistique à l'aide des logiciels KoboToolbox et SPSS.

3 RESULTATS

3.1 URBANISATION ACCÉLÉRÉE ET RECOMPOSITION DU PAYSAGE FONCIER À SONGON

Nos enquêtes révèlent l'existence d'une politique de gestion foncière qui favorise la domination et l'extension de l'espace bâti, notamment à travers la multiplication des logements et des cités dites dortoirs. La croissance des espaces construits est particulièrement visible dans la zone d'enquête. À Songon, on observe en effet l'implantation de vastes ensembles résidentiels, qui s'inscrivent dans le cadre du programme national de logements sociaux initié par le gouvernement ivoirien en 2014. Ce programme visait à permettre à la classe moyenne d'accéder à des logements à coût abordable, ce qui explique la prolifération des cités dans la commune de Songon. Il en résulte un paysage largement dominé par le bâti, comme l'illustre le propos de ce riverain: *« Comme tu peux voir, les cités embellissent notre commune. Et c'est bien que ce soit grand comme ça. »* (D.B. Songon.2025). Cette expansion de l'espace construit était par ailleurs prévisible, dans la mesure où Songon a été intégré au projet d'élargissement de la métropole d'Abidjan. Elle se traduit par la présence accrue de quartiers résidentiels, de cités dortoirs et d'infrastructures diverses, caractéristiques d'une commune en pleine croissance urbaine. À titre illustratif, la cité *Grâce,* située à quelques encablures du village de Kassemblé, présente une forte concentration d'habitations modernes qui participent à la recomposition du paysage local. Cette dynamique d'urbanisation suscite une satisfaction notable au sein des populations riveraines. La transformation de Songon par l'urbanisation a constitué un axe central de nos investigations. Afin d'en rendre compte, l'analyse a d'abord porté sur la perception des populations locales à l'égard de ce processus. Les

résultats de l'enquête indiquent que l'urbanisation de Songon est majoritairement jugée « très bonne » par 47 % des enquêtés, tandis que 23 % la considèrent comme une « bonne chose", soit un total de 70 % d'appréciations favorables. Cette perception positive est généralement justifiée par le développement rapide et visible de la commune, notamment à travers l'amélioration des infrastructures routières, en particulier l'axe menant à Dabou (Voir graphique ci-dessous).



Graphique 2. Perception des populations du processus d'urbanisation de Songon

Source: Données d'enquêtes 2025

Pour une partie des enquêtés, l'appréciation du développement urbain demeure toutefois conditionnée à l'achèvement des travaux en cours. À ce propos, un interlocuteur souligne: *« Aujourd'hui, Songon est jolie et tout le monde vient habiter ici à cause de ça. En tout cas, on aime beaucoup. Mais ça sera encore plus joli quand tous les travaux seront terminés. »* (A.V. Songon. 2025)

Les avis qualifiés de mitigés reposent sur des arguments diversifiés, certains enquêtés préférant ne pas se prononcer explicitement, déclarant simplement: *« Je n'ai rien à dire. »* Néanmoins, l'analyse globale montre que la majorité des personnes interrogées perçoivent l'urbanisation de Songon comme un phénomène positif. Cette tendance se confirme aussi bien chez les propriétaires terriens que chez les enquêtés ne disposant pas de terres, comme l'indiquent les graphiques 1 et 18. Globalement, plus de neuf enquêtés sur dix expriment une satisfaction vis-à-vis de la transformation urbaine en cours. Parmi les propriétaires terriens, 62,1 % jugent l'urbanisation « très bonne", 32,8 % la considèrent comme « bonne » et 5,2 % expriment un avis mitigé. Du côté des enquêtés non propriétaires, 67,2 % estiment l'urbanisation « très bonne", 30,3 % la qualifient de « bonne » et 2,5 % affichent un avis mitigé. À Kassemblé, un propriétaire terrien déclarait à ce sujet: *« Le développement d'une communauté dépend de ceux qui sont propriétaires. Il faut faire des sacrifices; donner la terre permet la construction des infrastructures. Moi, je suis content de l'évolution de notre commune. Regarde cette route et ces bâtiments, comme cela rend jolis nos villages. »* (J.T.Songon. 2025)

Toutefois, malgré cette appréciation largement positive, certains effets induits de l'urbanisation méritent d'être soulignés et seront abordés dans la suite de l'analyse.

3.2 Le Recul De L'agriculture Face À L'expansion Des Quartiers Résidentiels

La configuration des quartiers résidentiels implantés dans certains villages de la commune de Songon contribue également à la marginalisation progressive des activités agricoles. Cette dynamique conduit de nombreux riverains à renoncer à la pratique de l'agriculture. À ce propos, une enquêtée souligne: *« Avec les belles maisons qui sont là, qui va encore venir cultiver quoi que ce soit ? Peut-être dans les villages plus éloignés. Mais ici, en ville, on ne verra plus cela. »* (F. A. Songon 2025)

Ce témoignage met en évidence la manière dont la multiplication des grandes constructions maisons modernes, supermarchés, commerces et autres infrastructures a profondément modifié les représentations sociales des habitants. Selon les enquêtés, la pratique de l'agriculture dans un environnement marqué par une urbanisation avancée est perçue comme une activité dévalorisante, voire incompatible avec la nouvelle « façade » urbaine de la commune. Cette recomposition symbolique de l'espace s'accompagne d'une dynamique continue d'extension des cités résidentielles. Les travaux d'aménagement se poursuivent, traduisant un processus de grignotement progressif des espaces disponibles au sein de la commune, au détriment des terres à vocation agricole, comme l'illustrent les observations de terrain et les supports photographiques mobilisés.

Par ailleurs, l'extension urbaine apparaît appelée à se poursuivre, comme en témoignent les opérations de défrichement et de préparation de nouvelles parcelles destinées à des projets immobiliers, notamment sur l'axe menant à Songonté. À cet égard, un enquêté affirme: *« Je ne crois pas que ce soit fini. Tant que la population d'Abidjan continue de croître, les gens auront toujours besoin de logements et les cités continueront de sortir de terre. Et même si Songon devient saturée, d'autres villes connaîtront le même sort. »* (T. B. Songon 2025)

Ces propos traduisent une perception largement partagée quant à l'inéluctabilité de l'urbanisation et à ses effets sur les espaces agricoles périurbains. Ainsi, pour une part significative de la population locale, ces transformations constituent un argument déterminant en faveur de l'abandon des usages agricoles du foncier à Songon, au profit de fonctions résidentielles et commerciales.

Photo 1. Nouvelle cité en construction à Songonté

Source: Yeo et N'zue 2025

3.3 URBANISATION ET TENSIONS ENVIRONNEMENTALES DANS LA COMMUNE DE SONGON

Bien que l'urbanisation de Songon soit globalement bien accueillie par les populations locales, certains riverains expriment néanmoins des réserves, en mettant en évidence les revers de cette transformation de l'environnement. Ces derniers soulignent que l'urbanisation n'engendre pas uniquement des effets positifs, notamment en ce qui concerne la dégradation du paysage et les mutations observées dans certaines parties de la commune. Parmi les effets les plus marquants de l'urbanisation figure la consommation accrue des espaces. Selon les informations recueillies auprès des enquêtés, environ six cents (600) hectares de terres auraient été cédés pour la construction de cités dortoirs, touchant la quasi-totalité des villages situés le long de l'axe Abidjan–Dabou. À cette dynamique s'ajoute l'implantation progressive d'habitations individuelles, qui vient accentuer la pression sur le foncier disponible. Certains enquêtés évoquent par ailleurs la possibilité de nouvelles cessions foncières d'envergure destinées à des projets immobiliers. À ce sujet, une enquêtée affirme: *« Les constructions sont en train de prendre toute la place, comme vous pouvez le remarquer. La verdure recule, nous n'avons presque plus d'arbres, seulement des maisons et des herbes. Quand il fait soleil, la chaleur devient difficile à supporter, car il n'y a plus d'ombre naturelle. »* (D.B. Songon 2025)

Ce témoignage met en lumière plusieurs conséquences environnementales de l'urbanisation, notamment le recul de la végétation, l'augmentation des températures locales et, de manière implicite, la réduction des espaces agricoles.

Les avis relatifs aux effets de l'urbanisation de Songon apparaissent toutefois fortement partagés. L'écart entre les enquêtés qui estiment que l'urbanisation n'a que des effets positifs et ceux qui considèrent qu'elle engendre également des effets négatifs n'est que de 4 %. Cette faible différence révèle une double réalité. D'une part, une forme d'idéalisation de l'urbanisation par une frange de la population, qui tend à occulter les conséquences négatives de l'étalement urbain. D'autre part, un silence stratégique de certains acteurs locaux, conscients des effets néfastes mais réticents à les dénoncer en raison des bénéfices économiques qu'ils tirent de cette situation.

Les résultats présentés dans le graphique 37 confirment cette ambivalence: 52 % des répondants déclarent apprécier l'urbanisation en cours, contre 48 % qui la déprécient. Ces données indiquent que la transformation actuelle de Songon ne fait pas l'unanimité, malgré l'amélioration esthétique du paysage urbain liée à la construction de cités résidentielles modernes. Par ailleurs, l'analyse révèle une corrélation entre la perception générale de l'urbanisation et l'appréciation de l'état actuel de la ville. Parmi les enquêtés qui estiment que l'urbanisation a des effets négatifs, 17 % déclarent ne pas apprécier la transformation actuelle de Songon. En revanche, l'ensemble des personnes qui considèrent que l'urbanisation n'a que des effets positifs jugent favorablement la transformation de la commune.

Il ressort ainsi que l'avènement de l'urbanisation a entraîné une reconfiguration profonde des usages fonciers, autrefois dominés par l'agriculture et désormais orientés vers des usages immobiliers. Cette mutation se traduit par une hausse des prix des terrains, une intensification des transactions foncières et une acquisition croissante des terres à des fins résidentielles. Ces transformations ont profondément modifié le paysage communal, désormais marqué par la présence continue de cités et de logements s'étendant sur de vastes superficies. Cet enchaînement de changements est à la fois apprécié et critiqué par les populations riveraines, comme le montrent les résultats de l'enquête.

3.4 Le Projet « Grand Abidjan » Et La Dynamique Du Marché Foncier Local Dans La Commune De Songon

La validation et la mise en œuvre du projet « Le Grand Abidjan » ont entraîné l'acquisition de vastes superficies foncières dans la commune de Songon, en vue de la construction de nombreuses cités dortoirs, parmi lesquelles figurent notamment les cités Ado et Grâce. Ces ensembles résidentiels, fortement consommateurs d'espace, connaissent une extension continue et concernent aujourd'hui la quasi-totalité des villages de la commune. Pour leur réalisation, l'État a mobilisé, dans un premier temps, environ quatre cents (400) hectares de terres, obtenus à la suite de négociations foncières impliquant notamment le village de Songon-Kassemblé. Un notable du village de Dagbé explique à ce sujet: *« La plupart des villages ne voulaient pas adhérer au projet, mais les gens de Kassemblé ont accepté. On était donc obligé de suivre la cadence pour ne pas rester en arrière. »* Ces opérations foncières ont ouvert la voie à l'aménagement de grands espaces et à la construction de logements sociaux, contribuant à faire de Songon une zone fortement urbanisée.

Cette urbanisation rapide a suscité un intérêt croissant pour l'installation résidentielle à Songon, en particulier de la part des populations abidjanaises. La proximité géographique avec la métropole d'Abidjan, conjuguée à la volonté de désengorger le centre urbain, a conduit de nombreux ménages à s'installer en périphérie afin de réduire les contraintes liées aux déplacements domicile-travail. Cette dynamique s'est traduite par une augmentation significative de la demande foncière dans la commune, renforcée par l'attrait exercé sur les investisseurs, notamment dans le secteur immobilier. Cette pression accrue sur le foncier a, par conséquent, entraîné une hausse notable des prix des terrains. Les données issues de l'enquête mettent en évidence l'ampleur de cette demande. Les informations recueillies sur le nombre approximatif de personnes sollicitant des terrains dans les villages de Songon montrent une fréquentation élevée et régulière des espaces fonciers disponibles. Ainsi, sur une base hebdomadaire, 190 demandeurs ont été recensés, répartis dans différentes fourchettes allant de 0 à 55 personnes selon les périodes observées (Tableau n°1 ci-dessous).

Tableau 1. Tableau des fourchettes de demandeurs de terrains

		Fourchettes des demandeurs					Total
		]0-5[	]5-10[	]10-15[	]15-20[	]20-55[	
Intervalle de temps	**Par Semaine**	40	26	22	18	7	190
	Par Mois	6	9	3	35	24	

Source: Donnée d'enquête 2025

À l'échelle mensuelle, la demande demeure également soutenue, confirmant l'attractivité croissante du foncier local. Cette situation est également illustrée par le témoignage d'un ancien de M'Brathé, qui compare la ville en expansion à une ressource convoitée: *« Toute ville en pleine croissance est comme une nourriture aimée par tout le monde, elle attire plus d'une personne. La demande ne cessera de s'accroître jusqu'à ce que la dernière parcelle ne soit vendue. Et quand les prix augmentent, cela pousse même les propriétaires à vouloir vendre davantage. »* (N.T. Songon 2025)

Cette analyse locale met en évidence les mécanismes d'auto-entretien de la demande foncière et de la spéculation. L'afflux de demandeurs constitue ainsi un facteur déterminant de l'intensification du commerce foncier dans les villages enquêtés. Dans l'ensemble, les enquêtés s'accordent sur le constat d'une intensification marquée de la demande et de la vente de terrains à Songon, phénomène étroitement lié à l'urbanisation accélérée et à l'intégration progressive de la commune dans l'espace métropolitain d'Abidjan.

3.5 Marchandisation Du Foncier Et Profils Sociaux Des Vendeurs

À la question relative à la vente des terrains par les personnes enquêtées disposant encore de terres, les réponses recueillies mettent en évidence plusieurs dynamiques sociales et familiales structurant la gestion du foncier dans la commune de Songon. Les entretiens révèlent que la cession des terres n'est pas une pratique uniforme, mais qu'elle s'inscrit dans des logiques différenciées selon les acteurs et leur position au sein des structures familiales. Les chefs de grandes familles et les chefs de familles rencontrés apparaissent comme des acteurs centraux dans les processus de gestion et de cession foncière. Traditionnellement, la responsabilité des terres familiales est confiée à des membres considérés comme moralement intègres et capables d'agir dans l'intérêt collectif. Toutefois, plusieurs enquêtés soulignent une fragilisation de ces mécanismes de régulation. Un ancien notable l'exprime en ces termes:

« *Les familles confient la gestion de leurs terres à des membres jugés bons de cœur et ayant un esprit d'équité. Mais on n'en trouve presque plus comme ça aujourd'hui. Beaucoup de familles se sont trompées en donnant cette responsabilité à des fils indignes et elles en payent le prix.* » (S.F. Songon 2025)

Selon cet enquêté, de nombreux litiges fonciers trouvent leur origine dans des ventes réalisées sans l'accord ou à l'insu du reste de la famille, ce qui remet en cause les principes de gestion collective du patrimoine foncier. L'analyse des discours met également en lumière des rapports différenciés à la terre selon l'origine sociale des enquêtés. Les populations autochtones sont fréquemment associées aux pratiques de vente, souvent perçues de manière autocritique. À ce propos, une enquêtée autochtone affirme: « *Si*

aujourd'hui toutes les terres de Songon sont parties, c'est parce que nous-mêmes, on les vend. Tous nos jeunes sont devenus vendeurs de terrains au lieu de chercher du travail. » (H.N.Songon 2025)

Ce discours traduit une prise de conscience locale selon laquelle la perte progressive du foncier serait en grande partie le résultat de choix internes à la communauté, avant toute responsabilité extérieure.

À l'inverse, les allogènes rencontrés expriment une posture de forte réticence à la vente des terres, qu'ils conçoivent avant tout comme un héritage familial et symbolique. L'un d'eux déclare: « *La terre, on ne vend pas. Même si j'ai un petit terrain ici, je ne vais pas vendre. Je préfère garder ça que vendre et venir chercher maison à louer après. La terre, c'est l'héritage que les parents nous laissent; si tu vends, tu vas regretter.*» (C.K. Songon 2025)

Ces propos mettent en évidence une conception patrimoniale de la terre, fondée sur la transmission intergénérationnelle et la sécurisation de l'avenir familial.

Par ailleurs, les entretiens révèlent que, dans un contexte de forte pression urbaine et immobilière, certains propriétaires se sont engagés dans des ventes répétées de terrains sur de courtes périodes. Cette dynamique est associée à l'arrivée de projets d'aménagement et à la demande croissante d'espaces constructibles. Un ancien notable explique à ce sujet:

« *Le commerce du foncier était devenu une course ici. Avec la demande, on pouvait voir plusieurs terrains vendus d'un seul coup, surtout avec les cités que le gouvernement voulait construire. Mais aujourd'hui, ça a un peu baissé.* » (T.K. Songon 2025)

Ce témoignage met en lumière la transformation progressive du foncier en ressource économique fortement convoitée, tout en signalant un ralentissement récent des transactions. Dans l'ensemble, les résultats révèlent une tension persistante entre, d'une part, les normes coutumières de gestion collective et de préservation du patrimoine foncier, et, d'autre part, les logiques marchandes induites par l'urbanisation et les opportunités économiques. Cette tension contribue à l'érosion progressive des réserves foncières locales et à la multiplication des conflits intrafamiliaux autour de la terre.

3.5.1 FACTEURS SOCIO-ÉCONOMIQUES DE LA CESSION DES TERRES DANS LA COMMUNE DE SONGON

Les investigations de terrain montrent que les prix des terrains constituent un facteur déterminant dans les dynamiques de vente foncière observées dans la commune de Songon. La diversité des niveaux de prix enregistrés contribue à inciter certaines populations à céder leurs parcelles, au point que la vente de terrains tend, dans certains cas, à s'ériger en activité régulière. Les résultats ont été analysés par village afin de rendre compte des réalités locales et des logiques territoriales différenciées.

Il ressort de l'enquête que seule une partie des personnes interrogées a déjà procédé à des ventes de terrains. La répartition des vendeurs selon leur origine met en évidence une implication limitée des allogènes et des autochtones non-résidents, tandis que les populations locales apparaissent comme les principaux acteurs des transactions foncières. Cette configuration souligne le rôle central des communautés locales dans les processus de recomposition foncière à l'œuvre.

Le village de Kassemblé se distingue comme l'espace où les ventes de terrains sont les plus marquées. Cette situation s'explique par son statut de centre urbain de la commune de Songon et par la présence des principales cités résidentielles. Selon les habitants, la demande foncière y est particulièrement forte. À ce propos, une agente de la mairie indique: « *Le développement de Songon a commencé ici, à Kassemblé. Aujourd'hui, tout le monde veut venir s'installer ici. La vente de terrain est devenue un business juteux.* »

Par ailleurs, l'analyse met en évidence que la majorité des terres cédées l'ont été par des membres des communautés autochtones, notamment les Ébriés. Un fait particulièrement marquant réside dans la concentration des ventes entre les mains d'un nombre restreint de propriétaires, traduisant une intensification des pratiques de cession foncière. Cette dynamique contribue à la réduction progressive des espaces agricoles et met en lumière la responsabilité significative des populations locales dans la transformation des usages du sol.

Les prix des terrains varient sensiblement en fonction du statut foncier des parcelles. Les terrains non approuvés sont généralement vendus à des montants compris entre trois millions (3 000 000) et cinq millions (5 000 000) de francs CFA, bien que quelques transactions dépassent ce seuil. Le prix moyen observé pour l'ensemble des terrains vendus s'établit autour de huit millions deux cent soixante mille (8 260 000) francs CFA.

Les terrains approuvés sont majoritairement cédés à des montants avoisinant dix millions (10 000 000) de francs CFA, avec de rares cas de vente à des prix nettement inférieurs, notamment autour de cinq cent mille (500 000) francs CFA. Le prix moyen des terrains approuvés est estimé à huit millions sept cent quinze mille (8 715 000) francs CFA.

Les terrains disposant d'un Arrêté de Concession Définitive (ACD) présentent les valeurs les plus élevées. Ils sont le plus souvent vendus autour de quinze millions (15 000 000) de francs CFA, bien que certaines transactions aient été conclues à des montants plus faibles, notamment un million (1 000 000) de francs CFA. En moyenne, les terrains avec ACD sont cédés à un prix d'environ treize millions quatre cent quatre-vingt-quinze mille quatre-vingt-dix-huit (13 495 098) francs CFA.

Les villages d'Adiapoto 1, d'Adiapoto 2 et de Kassemblé apparaissent comme les localités où les prix du foncier sont les plus élevés, tous statuts confondus. Cette hiérarchisation spatiale s'explique principalement par leur proximité avec les axes routiers majeurs et par la présence d'infrastructures administratives importantes, notamment la mairie et la sous-préfecture à Adiapoto, qui renforcent l'attractivité de ces espaces auprès des populations et des investisseurs.

Au-delà des facteurs spatiaux et institutionnels, les ventes de terrains s'inscrivent également dans des logiques sociales et économiques. La précarité financière de nombreux riverains constitue un élément déterminant, les amenant à accepter des propositions financières jugées attractives, souvent au détriment de la conservation foncière à long terme. Il est clair que la vente foncière à Songon s'inscrit dans un processus complexe de recomposition territoriale, où s'entrecroisent pression urbaine, attractivité économique et transformations des normes sociales relatives à l'usage et à la transmission des terres. Ces résultats invitent à repenser les cadres d'analyse du foncier périurbain, en intégrant les logiques endogènes des acteurs locaux dans la compréhension des mutations foncières contemporaines.

3.5.2 UTILITÉ DES TERRAINS ACQUIS

L'analyse des usages des terrains acquis à Songon met en évidence une orientation largement dominée par l'investissement immobilier. Les échanges avec les populations riveraines révèlent que les terrains sont majoritairement acquis dans une perspective de construction, au détriment des usages agricoles. Cette dynamique s'inscrit dans un contexte d'extension urbaine, en lien avec la politique étatique d'élargissement de l'aire métropolitaine d'Abidjan.

L'immobilier apparaît ainsi comme le secteur le plus attractif et le plus dynamique de la localité. Cette situation se traduit par une intensification des constructions résidentielles, contribuant à une transformation rapide des paysages ruraux et périurbains. Les logements édifiés prennent principalement la forme de villas, de bâtiments à étages de standing élevé et de logements sociaux. Les terrains acquis sont essentiellement destinés à la construction de villas, perçues comme une forme privilégiée d'investissement résidentiel. Les logements sociaux occupent également une place importante dans les usages fonciers observés. Ces constructions sont principalement portées par l'État, à travers la mise en place de cités dites « *dortoirs*", implantées dans la plupart des villages de Songon. Les habitants identifient clairement ces ensembles résidentiels, parmi lesquels figurent notamment les cités ***Grâce et Ado***.

La connaissance des quartiers résidentiels est largement partagée au sein de la population locale, traduisant une forte visibilité sociale de ces espaces et une appropriation collective des projets immobiliers. Cette diffusion de l'information témoigne de l'ancrage progressif de l'urbanisation dans les représentations locales du développement. Dans l'ensemble, les résultats montrent que les terrains acquis à Songon sont presque exclusivement orientés vers des réalisations immobilières. Cette dynamique participe à une occupation extensive de l'espace par des constructions de divers types et contribue à la disparition progressive des terres à vocation agricole, révélant une recomposition profonde et durable des usages fonciers.

4 DISCUSSION

Les résultats de notre étude indiquent que la commercialisation des terrains dans la commune de Songon est principalement stimulée par une forte demande foncière. Cette situation est confirmée par Daouda et al. (2022), qui soulignent que Songon connaît une pression foncière importante en raison de la périurbanisation. Jusqu'à la fin des années 2000, la commune était majoritairement occupée par des plantations de cultures industrielles et vivrières. Cependant, avec l'expansion urbaine et la croissance d'Abidjan, les propriétaires fonciers coutumiers du village de Songon-Kassemblé ont cédé de vastes parcelles pour la construction de logements sociaux dans le cadre du Programme Présidentiel d'Urgence (PPU) en 2013.

Cette reconversion de l'usage du foncier, motivée par l'urbanisation, a entraîné une multiplication des acteurs impliqués dans la gestion et la commercialisation des terres. Sodore et al. (2020) soulignent que l'évolution du contexte socioéconomique et politique a modifié les rapports à la terre, faisant passer la gestion foncière d'un modèle collectif ou familial à un modèle individuel et marchand. Cette transformation trouve écho dans les travaux de Vidrovitch (1982), qui rappellent que traditionnellement, l'importance accordée à la terre relevait de son exploitation plutôt que de sa possession formelle, illustrée par l'expression « la terre appartient à celui qui la met en valeur ».

Dans le contexte baoulé, la gestion foncière coutumière dépendait de privilèges et de partages territoriaux entre communautés. Cette organisation limitait la perte des terres agricoles. Toutefois, la colonisation a introduit des politiques visant à substituer le droit coutumier par l'immatriculation foncière et la propriété privée, instaurant une centralisation administrative et des mécanismes tels que la purge des droits coutumiers lors de lotissements officiels. Les institutions internationales ont également encouragé une gestion décentralisée des ressources tout en maintenant un contrôle étatique sur l'affectation des terres, freinant ainsi la mise en œuvre effective de la décentralisation, comme l'a noté Chauveau (2002).

Ainsi, la situation foncière actuelle à Songon résulte d'un processus historique complexe. Les systèmes coutumiers, modulés par les rapports sociaux et la diversité des acteurs, coexistent avec un système juridique étatique héritier de la colonisation. Comme le précise Teyssier (2012), le droit de propriété ne peut être garanti qu'à travers un titre foncier inscrit dans un registre officiel. Cette hybridation

normative explique la coexistence de pratiques locales et de régulations étatiques, et justifie la nécessité de documents légaux pour sécuriser la propriété.

Nos résultats montrent également que la vente des terrains s'est intensifiée avec l'urbanisation. Les habitants se sont engagés dans la vente de terrains, parfois comme activité temporaire, parfois de manière plus durable, en réponse à la demande accrue et à la valorisation des parcelles. Les échanges avec des autorités coutumières et des chefs de familles confirment l'existence de ventes à grande échelle. La pauvreté apparaît comme le facteur principal incitant les populations à vendre leurs terres, en ligne avec les travaux de Kouadio et al. (2010), qui soulignent que l'amélioration des conditions de vie des ménages constitue un facteur déterminant de réduction de la pauvreté. À Songon, cette dynamique se manifeste par le besoin de financer la scolarisation, de répondre à des urgences sociales, ou par la recherche d'un complément de revenu à travers la vente de terrains.

En parallèle, la hausse de la valeur vénale des terrains due à l'urbanisation constitue un facteur déterminant dans le changement d'usage des terres. Les propriétaires, conscients de l'attrait de leurs parcelles pour les promoteurs immobiliers, orientent l'usage des terrains vers des activités résidentielles et commerciales. Cette logique explique l'expansion des cités dortoirs et des projets immobiliers le long de l'axe Abidjan-Dabou, correspondant aux résultats observés dans notre étude et confirmant la tendance générale observée dans les zones périurbaines en transformation.

5 CONCLUSION

La présente étude s'inscrit dans la problématique de la conversion des espaces ouverts en espaces anthropisés, en particulier la perte des terres agricoles, forestières ou semi-naturelles au profit de l'urbanisation et d'autres formes d'occupation artificialisée, incluant le bâti, les infrastructures et les espaces végétalisés en milieu urbain (EEA, 2006). L'analyse montre que, quel que soit le projet urbain, les espaces agricoles périurbains sont fortement exposés à une consommation foncière accélérée, phénomène désigné par la Commission européenne sous le terme « land take » (Decoville et Schneider, 2015).

Les résultats de l'étude indiquent que les pratiques agricoles traditionnelles ont été progressivement reléguées au second plan par les populations locales. Les activités agricoles ont été remplacées par des usages fonciers à visée résidentielle ou commerciale, ce qui entraîne une perte significative de terres cultivables. L'objectif de cette étude était donc d'analyser le processus de gestion des espaces agricoles de la commune de Songon face à l'urbanisation croissante. L'hypothèse de travail postulait que la dynamisation du foncier par la construction de bâtiments résidentiels conduit à un abandon progressif de l'agriculture. L'approche méthodologique combinant données quantitatives et qualitatives a permis de montrer que la zone de Songon présente des conditions géophysiques favorables à l'agriculture, une vocation historique confirmée par l'installation des Ebriés et la pratique traditionnelle de la pêche et de l'agriculture, incluant la culture du palmier à huile, du cacao, de l'hévéa et du café. Cependant, l'urbanisation a transformé ces terres agricoles en espaces à usage résidentiel ou commercial, compromettant l'activité agricole traditionnelle.

L'étude souligne également l'absence de réserves foncières réellement dédiées à l'agriculture. Les espaces prétendument laissés pour la culture se révèlent en réalité peu exploitables, souvent inondés et non constructibles. Cette situation, couplée à l'augmentation démographique et à la demande foncière, augure d'une pression accrue sur les terres cultivables et une possible insuffisance en produits vivriers. Enfin, les résultats mettent en évidence la nécessité d'intégrer les espaces agricoles dans la planification urbaine et la politique de désengorgement des villes. Les perceptions et pratiques des populations locales vis-à-vis de la terre constituent des indicateurs clés pour comprendre la gestion des terres cultivables et orienter des stratégies de préservation.

En perspective, cette étude suggère d'explorer des mécanismes de prise en compte des espaces agricoles dans les aménagements territoriaux afin de concilier urbanisation et développement durable. Les recommandations présentées peuvent constituer une base pour la planification future, contribuant à une gestion équilibrée et durable du foncier périurbain.

REFERENCES

[1] Institut National de la Statistique. (2022). Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH) 2021: Résultats globaux et définitifs.

[2] Sylla, D., Wadjams, H. A. R., Bamba, Y. & Adjoba, M. K.-D. (2022). Détection des changements d'occupation et d'utilisation du sol à Songon, un terroir du front d'urbanisation ouest d'Abidjan. *Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes,* 13 (1).

[3] Kouakou, Y. E., Brama, K., Bonfoh, B., Kientga Sonwouignandé, M., N'Go Yao, A., Savane, I. & Cissé, G. (2010). L'étalement urbain au péril des activités agro-pastorales à Abidjan. *VertigO – La revue électronique en sciences de l'environnement,* 10 (2).

[4] Oura, K. R. (2019). L'agriculture urbaine face au défi de l'urbanisation de Bingerville (Sud-est d'Abidjan). *VertigO – La revue électronique en sciences de l'environnement,* 12 (2).

[5] N'zue, F. K. (2018). *Urbanisation et gestion des terres cultivables: cas du village d'Allokoi*. Mémoire de Master 2, Université Félix Houphouët-Boigny.

[6] Chauveau, J.-P. (2002). Une lecture sociologique de la loi ivoirienne de 1998 sur le domaine foncier. Montpellier: IRD.

[7] Coquery-Vidrovitch, C. (1982). Le régime foncier rural en Afrique noire. In: *Enjeux fonciers en Afrique noire*. Paris: ORSTOM; Karthala.
[8] Decoville, A. & Schneider, M. (2015). Can the 2050 zero land take objective of the EU be reliably monitored? A comparative study. Journal of Land Use Science.
[9] Barbara, M. et al. (2006). Agriculture urbaine et facteurs de risque pour le paludisme dans une ville de taille moyenne en Côte d'Ivoire. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene,* 75.
[10] Kouadio, A. S. & Yeo, N. E. (2010). Stratégie nationale de développement durable: Étude sur les modes de consommation et de production durables en Côte d'Ivoire.
[11] Nations Unies. (2007). Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples autochtones.
[12] ONU-Habitat. (2008). *Rapport annuel*. Nairobi.
[13] Sodoré, A. A., Gansaonré, R. N., Ouédraogo, B. & Zoungrana, T. P. (2020). Les rapports au foncier des populations péri-urbaines de Ouagadougou au Burkina Faso. *Revue de Géographie de l'Université de Ouagadougou*.
[14] Teyssier, A. & Selod, H. (2012). Communication présentée à la *Annual World Bank Conference on Land and Poverty*.
[15] Tricaud, P.-M. (1996). Ville et nature dans les agglomérations d'Afrique et d'Asie. *Les Cahiers d'Outre-Mer*.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 886-898
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Evaluation de la gestion du paysage de l'Afrique centrale: Formation herbacée des environs de Kinshasa

[Management evaluation of central Africa landscape: Herbaceous formation of around Kinshasa]

Crispin El'Shie Makumbelo

Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement, Université du Kwango, RD Congo

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

ABSTRACT: The study of landscape management conducted in the surroundings of Kinshasa confirms the degradation of the herbaceous formation. The results of forest inventories and ethnoscience surveys carried out on an objective sample of 60 plots and among 125 households reveal significant percentages at the political, ecological, and environmental levels, as well as a very severe degradation index at the ecosystem level. This constitutes evidence of poor management of this formation. The causes of this degradation are linked to management options that give less importance to the ecosystem and its resources.

KEYWORDS: analysis of the management, ecosystem, Central Africa.

RESUME: L'étude de la gestion du paysage menée dans les environs de Kinshasa atteste la dégradation de la formation herbacée. Les résultats des inventaires forestiers et enquêtes en Ethnosciences menés dans un échantillon objectif des 60 placettes et auprès des 125 ménages révèlent des importants pourcentages aux niveaux: politique, écologique et environnemental et un indice Très grave de la dégradation au niveau de l'écosystème. Ce qui est une preuve de la mauvaise gestion de cette formation. Les causes de cette dégradation se situent au niveau des options de gestion qui accordent moins d'importance à l'écosystème et à ses ressources.

MOTS-CLEFS: analyse de la gestion, écosystèmes, Afrique centrale.

1 INTRODUCTION

Le paysage du bassin du Congo et de l'Amazonie constitue le plus grand réservoir de la biodiversité et le poumon de la planète [1]. Mal géré, il continue à connaître à la fragmentation et à élargir la surface de la Formation herbacée [2]. Les formations herbacées d'aujourd'hui sont les grandes forêts d'hier déboisées et très mal gérées. C'est ainsi que pour atténuer, diminuer et arrêter cette fragmentation de la forêt, il faut s'engager à la gestion de tous les écosystèmes.

Le premier pas pour y arriver est l'évaluation de la situation présente. Ce travail s'inscrit dans ce cadre.

Cette étude se réalise au moment où, sur le plan de la politique de l'environnement, la République Démocratique du Congo s'est déterminée à accomplir un certain nombre d'engagement. C'est le cas, au niveau international: de la Déclaration de principes pour un consensus mondial sur la gestion, la conservation et l'exploitation écologiquement viable de tous les types de forêts [3], de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification [4], de la stratégie mondiale de la conservation des ressources vivantes au service du développement durable [5], de la convention sur la diversité biologique [6], [7] et de la Convention cadre des Nations Unies sur le changement climatique [4], [8]. Au niveau régional, le pays a pris part à

Corresponding Author: Crispin El'Shie Makumbelo

l'élaboration des principes, critères et indicateurs du Processus de l'Organisation Africaine de Bois (OAB) [9], est membre de la Conférence sur les écosystèmes forestiers des forêts denses et humides d'Afrique centrale (CEFDHAC) et de la Commission des Forêts d'Afrique Centrale (COMIFAC) [10]. Au niveau national, il met en oeuvre la loi n° 011/ 2002 du 29 Août 2002 portant Code forestier [11]. Au niveau local, il se fixe pour objectif que les écosystèmes de Kinshasa devront permettre de répondre de façon durable aux multiples besoins d'une population de grand centre urbain.

Ce texte restitue les résultats de l'évaluation de la gestion de la formation herbacée du paysage de cette ville.

L'hypothèse de l'investigation affirmait que la tache formation herbacée du paysage de Kinshasa comme celle de l'ensemble des pays du bassin du Congo, bien que réglementée, dans la praxis est très peu prise en compte dans la gestion des écosystèmes terrestres.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU D'ETUDE

L'étude est conduite à la formation herbacée de Kinshasa. Selon plusieurs sources, elle est située dans le climat AW4 suivant la classification de Köppen. Ses coordonnées sont: la précipitation oscille autour de 1500 mm; la température annuelle se situe aux environs de 25°C avec un minimum de 22,5°C en juillet et un maximum de 26,1°C en mars [12], [13].

Sa végétation est essentiellement dominée par des galeries forestières et des larges étendues de la formation herbacée de différents types [12].

2.2 METHODES

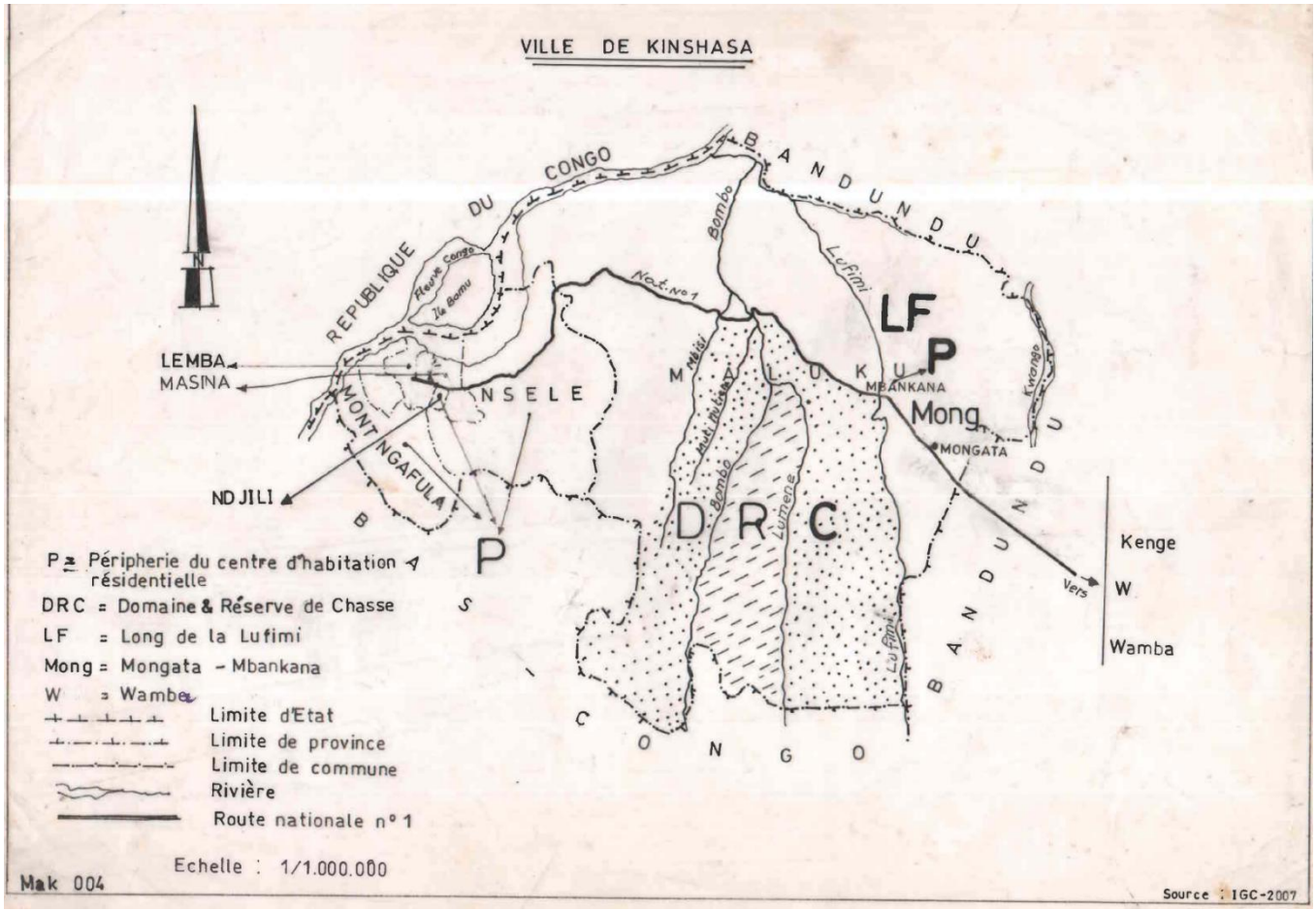
La méthode utilise et organise les techniques qui sont concrètes, en fonction du but à atteindre [14]. Les problèmes des systèmes écologiques étant complexes et dynamiques leurs solutions ne peuvent être trouvées que par les méthodes d'approche systémique [13], [15]. C'est ainsi qu'il a été nécessaire de combiner l'inventaire forestier et les Enquêtes en Ethnoscience [14], [16], [17].

Ce travail a adopté le dispositif d'inventaire, l'échantillon d'enquête, le mode de collecte des données en se référant à [12] tels que ci-dessous décrits.

2.2.1 DISPOSITIF D'INVENTAIRE ET D'ENQUETE

L'inventaire forestier et l'enquête en ethnoscience ont été menés respectivement dans les écosystèmes naturels de la ville et auprès de la population qui habite les environs des sites d'inventaire.

Pour les inventaires: 5 zones dont la zone Périphérique (P), Domaine et Réserve de Chasse (DRC), Le long de Lufimi (LF), Mongata (Mong) et Wamba (W) sont situées dans la partie de la ville qui garde encore la flore sauvage de la formation herbacée et quelques îlots de forêts tels que repris dans la Figure 1.



Carte 1. Situation géographique de différentes zones d'inventaire dans la ville de Kinshasa.

Chaque zone a reçu 4 placettes, 3 fois répétées, de 50 m^2 chacune.

Les interviews ont été réalisées suivant les quatre transects le long de la route: Mbankana – Impuru, Inzolo – Kingunu, Poste Bombo Lumene – Kinta Kinswi, Mombele – Kivunda auprès de la population des 4 ménages de chacun des 25 villages retenus dans 2 chefferies (Bu et Mbankana).

2.2.2 COLLECTE DES DONNEES

Le recensement des individus de différentes espèces végétales a été complété, pour ceux qui avait une taille appréciable, par les mesures de diamètre.

Les opinions de la population ont été enregistrées sur des fiches d'enquête suivi d'un dépouillement manuel.

2.2.3 ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS

L'analyse et l'interprétation des résultats ont été effectuées en se référant aux critères et indicateurs de l'évaluation et de suivi de la gestion de l'écosystème et à la grille des causes profondes et facteurs socio-économiques [12].

2.2.3.1 CRITERES ET INDICATEURS DE L'EVALUATION ET DE SUIVI DE LA GESTION

Le Tableau 1 reprend les critères et indicateurs de l'évaluation et de suivi de la gestion de l'écosystème.

Tableau 1. Critères et indicateurs de l'évaluation et de suivi de la gestion de l'écosystème

Critères	Indicateurs d'évaluation et de suivi de la gestion
Critères politiques	- place de l'écosystème et de ses ressources dans la politique de la gestion durable - définition des usages des espèces ressources - cadre institutionnel adapté à la réalité de la gestion durable (structure, législation, conventions et accords) - moyens disponibles pour garantir la gestion durable - incitation à l'établissement des entreprises productrices - mesures et moyens de contrôle, de suivi et de promotion des ressources de l'écosystème -qualité et quantité de connaissance sur l'écosystème sur ses ressources et sur les besoins de la population
Critères écologiques	- densité de la ressource (individus avec diamètre appréciable) - fréquence spécifique - biodiversité - superficie totale - superficie déboisée - superficie plantée - superficie mise en défens - superficie soumise au système de gestion durable - quantité d'espèces envahissantes de l'écosystème
Critères ethnobotaniques et ethnopharmacologiques	- connaissance de vertus alimentaires - connaissance des usages pharmaceutiques - connaissance des usages énergétiques - connaissance de vertus productrices (diverses) de ces espèces
Critères économiques	- types des biens et services produits
Critères environnementaux	- participation de l'exploitation des produits au revenu - valeur nutritive, énergétique, technologique et productrice des produits de ces espèces - nombre des vendeurs des produits - quantité vendue - distribution des produits - type d'usages - quantité de la population vivant de la ressource - impact de l'exploitation de la ressource sur l'environnement (sur l'écosystème et les communautés humaines) - impact de l'exploitation des produits sur la ressource - impact de l'exploitation de la ressource sur les autres ressources - impact des espèces étrangères
Critères sur le partage équitable des biens et services	- nombre des établissements humains installés - nombre d'activités sociales organisées et soutenues - taux de participation de la population locale à la prise des décisions - volonté du pouvoir de faire la rétrocession des avantages découlant de l'exploitation - activités d'amélioration de la qualité de vie de la population organisée

La cote est enregistrée par:

3 = grande,
2 = moyenne,
1 = faible,
0 = très faible.

L'indice de la gravité de la cause est calculé par la formule:

$$G = \frac{\sum C}{ni \times 3} 100$$

Où :

G = l'indice de la gravité de la cause de la dégradation en pourcentage;
C = cote;
ni = nombre d'indicateurs du critère considéré;
3 = valeur de chaque indicateur.

La valeur de la gravité est exprimée en:

G > 70%

= très grave;

G = 70%

= grave;

G < 70%

= peu grave.

2.2.3.2 GRILLE DES CAUSES PROFONDES ET FACTEURS SOCIO-ECONOMIQUES

Cette grille présente les causes profondes de la dégradation, l'importance de ces causes et les facteurs socio-économiques des éléments des terres, de la diversité biologique et du climat.

Le Tableau 2 reprend la grille des causes profondes et facteurs socio-économiques.

Tableau 2. Grille des causes profondes et facteurs socio-économiques

N°	Composants où s'observent les dégradations	Eléments du composant	Causes profondes de la dégradation	Importance de ces causes	Facteurs socio-économiques
1.	Terres	- Population : °Communauté ; °Connaissance. - Etendue de la formation herbacée - Fertilité.			
2.	Diversité biologique	- Diversité d'espèces utilitaires ; - Diversité d'écosystème.			
3.	Changement climatique	- Déboisement - Combustion - Effet de serre			

L'importance de la cause de la dégradation est chiffrée par:

3 = au moins 135 acceptations (des enquêtés et d'autres sources);
2 = au moins 78 acceptations;
1 = au plus 77 acceptations.

3 RESULTATS

3.1 ETAT DE L'ECOSYSTEME HERBACEE

3.1.1 EVALUATION ET SUIVI DE LA GESTION DE L'ETAT DE L'ECOSYSTEME

Le Tableau 2 reprend la situation de la formation herbacée de Kinshasa évaluée par les critères et indicateurs de l'évaluation et de suivi de la gestion des écosystèmes.

Tableau 3. Evaluation et suivi de la gestion de la formation herbacée de Kinshasa

Critères	Indicateurs d'évaluation et de suivi	Cote	Gravité
1. Critères politiques	- place de l'écosystème et de ses ressources dans la politique de la gestion durable	2	76 %
	- définition des usages des espèces ressources	3	
	- cadre institutionnel adapté à la réalité de la gestion durable (structure, législation, convention, accord)	2	
	- moyens disponibles pour garantir la gestion durable	2	
	- incitation à l'établissement des entreprises	3	
	- mesures et moyens de contrôle, de suivi et de promotion des ressources de l'écosystème	2	
	- quantité et qualité des connaissances (études, recherches, publications)	2	
2. Critères écologiques	- densité des individus des espèces ligneuses avec diamètre appréciable	2	74 %
	- fréquence spécifique	1	
	- biodiversité	2	
	- superficie totale	3	
	- superficie déboisée	3	
	- superficie plantée (boisée)	2	
	- superficie mise en défens	3	
	- superficie soumise au système de gestion durable	3	
	- quantité d'espèces envahissantes	1	
3. Critères ethno botaniques et etnopharma-cologiques	- connaissance des vertus alimentaires	0	16,6 %
	- connaissance des vertus pharmaceutiques de ces espèces	1	
	- connaissance des usages énergétiques de ces espèces	0	
	- connaissance des vertus productrices diverses de ces espèces (espèces nourricières des chenilles, champignons…)	1	
4. Critères écono-miques	- type des biens et services exploités	1	37,5 %
	- participation de l'exploitation des produits au revenu	2	
	- valeurs nutritive, énergétique, technologique et productrice des produits de ces espèces	0	
	- nombre des vendeurs des produits	1	
	- quantité vendue	1	
	- destination des produits	1	
	- type d'usages	2	
	- quantité (proportion) de la population vivant de la ressource	1	
5. Critères environ-nementaux	- impact de l'exploitation de la ressource sur l'environnement	3	73,3%
	- impact de l'exploitation des produits sur la ressource	3	
	- impact de l'exploitation de la ressource sur la population humaine	2	
	- impact de l'exploitation de la ressource sur les autres ressources	2	
	- impact des espèces exotiques	1	
6. Critères sur le partage des biens et services	- nombre des établissements humains installés	2	55,5 %
	- nombre d'activités sociales organisées et soutenues	2	
	- taux de participation de la population locale à la prise des décisions	2	
	- volonté du pouvoir public de faire la rétrocession des avantages découlant de l'exploitation	1	
	- type de plate-forme de concertation	2	
	- Activités d'amélioration de la qualité de vie de la population	1	

La lecture du Tableau 2 montre que des pourcentages de valeur de gravité supérieure à 70% sont enregistrés aux niveaux: politique, écologique et de l'environnement, soit respectivement 76%, 74% et 73,3%. Des valeurs de 37,5% sont reconnues au niveau économique. 16,6% de pourcentage de gravité sont enregistrés au niveau ethnobotanique et ethnopharmacologique. Ce qui entraine la dégradation de l'écosystème exprimée par l'indice de gravité Très grave à ces trois niveaux. La population a une connaissance endogène très importante de la valeur des biens et services que lui procure l'écosystème (indice de gravité peu grave). Sur le plan économique, l'écosystème produit assez des biens et services. Ceci est traduit par l'indice de gravité

peu grave. Ces biens et services sont équitablement partagés par les membres de la communauté locale (indice de gravité peu grave).

De façon plus approfondie, on peut situer les origines de ces dégradations au niveau des options de gestions qui n'accordent pas, dans la praxis, de l'importance à l'écosystème et à ses ressources. Le cadre institutionnel n'est pas adapté à la réalité de cet écosystème. Il n'y a pas d'incitation à l'établissement des entreprises. Des mesures et moyens de contrôle, de suivi et de promotion de l'écosystème et de ses ressources ne sont nullement assurés. Sur le plan de l'environnement, l'impact de l'exploitation des produits sur l'environnement et celui de l'exploitation de la ressource (espèce) sur l'écosystème sont très importants. Ce qui explique le fait que malgré la capacité de résilience de ces espèces à la sécheresse, l'écosystème retrouve difficilement son homéostasie.

3.1.2 CAUSES PROFONDES ET FACTEURS SOCIO-ECONOMIQUES

Les causes profondes de dégradation et les facteurs socio-économiques à la base de la dégradation révélés et découverts au niveau des terres, de la diversité biologique et des effets du climat sont repris dans le Tableau 3.

Tableau 4. Causes profondes de dégradation et facteurs socioéconomiques découverts

Composantes où s'observent les dégradations	Eléments des composantes	Causes profondes à base de la dégradation et du changement climatique	Importance de la cause	Facteurs socio-économiques
1. Terres	1.1. Population - Communauté - Connaissances de la population 1.2. Etendue de savane 1.3. Fertilité du sol	*Détenteur du pouvoir coutumier - la lignée du Chef détient le pouvoir foncier - le chef de terre a le pouvoir de faire louer la partie de terre qui lui est reconnue - tous les chefs coutumiers restent très attachés à la chefferie - plusieurs tribus cohabitent dans les différents villages - détenteur du pouvoir administratif - l'administration publique seconde le pouvoir coutumier - il y a peu de suivi et de contrôle des services publics sur les ressources de la savane - autres détenteurs du pouvoir - les Asbl qui installent les paysans, assurent leur sécurité pendant le temps pour lequel elles se sont engagées * Composition de la population - la grande partie de la population allochtone est au plateau pour des raisons d'agriculture - leur installation dans l'aire de la chefferie est autorisée par le chef coutumier - la population jeune reste mobile entre le plateau et Kinshasa centre - elle s'adonne à l'agriculture itinérante sur brûlis et au défrichement par le feu et à la production des charbons de bois - elle introduit et véhicule les mœurs du centre-ville au plateau ° mode de production - la population vit essentiellement de l'agriculture extensive et de la production de charbon de bois	3 3 3 3 2 3 1 1 1 3 2 3 1 3 3	La crise économique est le facteur important. Elle est due essentiellement : - au manque d'emploi.et manque d'infrastructures de base - au manque d'encadrement des paysans - à l'analphabétisme - à l'insuffisance de revenu apporté par les activités organisées - à l'insécurité alimentaire - au faible revenu des ménages

		- la population autochtone a des lopins de terre hérités dans la forêt. La population allochtone loue dans la savane	3	
		- les champs de la savane sont labourés au tracteur	1	
		- ceux de la forêt sont faits avec la petite houe	2	
		- la pratique des tracteurs est entrée au plateau dans les années 1980 (1981) avec le PIFC (Projet d'Implantation des Fermiers de la Capitale Kinshasa) et avec l'achat de 1000 tracteurs de marque FIAT par le ministère de l'Agriculture	2	
		- les fermes occupent des grandes superficies de terre.	2	
		- Quelques fermiers s'adonnent, en outre, à l'exploitation et à la vente des bois.	3	
		- Les 200 fermiers de PIFC puis de CADIM (Centre d'appui au Développement Intégré de Mbankana) occupent chacun 20 ha	3	
		- le besoin en terre est ressenti au plateau par la population autochtone	3	
		* Mode d'habitat		
		- les arbres et arbustes de certaines espèces (*Millettia laurentii, Hymenocardia acida, Dialium englerianum*) sont exploités pour la production des charbons de bois et dans la construction des cases et des clôtures	3	
		- aucun grenier n'est observé dans les villages des paysans	1	
		* Mode de consommation		
		- la population vit de l'économie du marché	1	
		- elle est handicapée par le manque de maintien des routes de desserte agricole	1	
		- elle produit essentiellement le manioc et l'arachide à la savane et à la forêt, le mais est cultivé à la forêt	2	
		- elle s'adonne aussi au petit élevage (volailles)	2	
		- la grande partie des vivres frais et conserves (poisson de mer, sardine, viande congelée …) vient de Kinshasa centre	2	
		- le manioc est mangé Teke sous forme de chikwanga (connu en dialecte sous les noms : kwanga et into)	3	
		- l'huile de cuisine vient de Kinshasa	3	
		- la pêche par les femmes et le feu de brousse sont pratiqués périodiquement	3	
		- les traces des gibiers sont plus observées à l'intérieur du Domaine et Réserve de Chasse de Bombo Lumene et très peu ailleurs	3	
		° infrastructures de base		
		+ alimentaires		
		Il y a		
		- très peu de boutiques	1	

		- très peu de magasins	1	
		+ sanitaires		
		Il n'y a pas :		
		- de dispensaire au village	3	
		- les dispensaires peu équipés se situent à une distance de 25 Km	1	
		- les soins durables sont administrés à Kinshasa centre	1	
		+ énergiques		
		Il n'y a pas		
		- de groupe électrogène dans les villages	1	
		- d'unité solaire dans les villages	1	
		° éducation (instruction)		
		- les villages ont au moins une école primaire dans les environs immédiats	3	
		- les villages ont au moins une école secondaire dans les environs immédiats	1	
		°structures d'encadrement au développement		
		- aucune structure d'encadrement n'existe au village	1	
		- très peu de structures travaillent avec la population mais sans coordination entre elles	1	
		* Connaissances de la population		
		+ sur les arbres		
		- la population connaît l'importance des espèces de la savane	1	
		- du point de vue alimentaire	1	
		- du point de vue pharmacopée	1	
		- du point de vue technologique	1	
		- du point de vue social	3	
		- du point de vue énergétique	3	
		- du point de vue qualités de production des PNLS	3	
		+ sur la savane		
		La population connait l'importance de la savane		
		- du point de vue de l'agriculture	3	
		- du point de vue de la flore	3	
		- du point de vue de la diversité biologique	3	
		- du point de vue de la productivité	2	
		+ sur les bienfaits que leur apporte la présence du Domaine et Réserve de Chasse de Bombo Lumene		
		- au niveau des chefs coutumiers	1	
		- au niveau de la population	2	
		- sur les limites réelles du Domaine et Réserve de Chasse	3	
		- la population ignore ces limites	3	
		- elle les situe vers Kinta Kinswi	3	
		- elle parle d'une borne laissée par les blancs	3	
		- sur les types de gestion coutumière.	3	
		* Très peu de savane est gardé par tradition		

		- la jachère est de très courte durée et même inexistante	3	
		- malgré la présence des palmiers aucun ancien village n'est visiblement gardé	3	
		- la lignée du chef coutumier est la seule unité de gestion coutumière de la forêt	3	
		- la savane arbustive domine au plateau	3	
		- la savane arborée a disparu	2	
		- la savane herbeuse (de terre ferme) est parsemée, quelquefois, des quelques souches d'arbres	2	
		* Au-delà de Mbankana, la savane arbustive reste peu labourée		
		- le sol est peu fertile	2	
		- le besoin en sol fertile pousse au déboisement des îlots forestiers	2	
		- le souci du bon rendement pousse au labour avec tracteur dans la savane	2	
		- les grands exploitants visent plus le rendement que le maintien de la fertilité	2	
		- les paysans labourent à la houe la forêt, ce qui maintient, encore sa fertilité	2	
		- la plantation *d'Acacia auriculiformis* dans les champs constitue la technologie la plus utilisée pour restaurer la fertilité du sol	3	
		- les cultures associées sont utilisées sans assolement	1	
2. Diversité biologique	2.1. Diversité d'espèces utilitaires 2.2. Diversité d'écosystème	* Espèces recherchées + Les espèces : *Millettia laurentii, Hymenocardia acida, Dialium englerianum, Combretum psidioides, Bridelia atroviridis, B. ferruginea, B.micrantha, Albizia adianthifolia* présentent actuellement peu d'individus de diamètre appréciable à cause de la production des charbons de bois, de coupe d'arbres pour la construction, de déboisement pour causes diverses.	3	Les mêmes facteurs socio-économiques
		+ Quelques autres espèces : *Anisophyllea quangensis, Strychnos cocculoïdes* sont menacées par la culture (agriculture surtout), le feu de brousse et le prélèvement des racines pour la phytothérapie	2	
		*Types de savanes		
		+ très peu de différenciation s'observe au niveau des types de savane au plateau	3	
		+ La savane en voie de reboisement	3	
		+ aucune savane n'est en voie de remise en état	3	
		+ aucune partie de la savane n'est mise en défens	3	
3. Changement climatique	3.1. Déboisement 3.2. Combustion 3.3. Effet de serre	* Le déboisement des savanes se fait pour cause de la production des charbons de bois, agriculture, coupe de bois d'œuvre	3	Les mêmes facteurs socio-économiques

		- Ce déboisement se fait par la population autochtone et par la population allochtone toujours croissante	3	
		- Le flanc de petites forêts présentes est attaqué par les agriculteurs autochtones	3	
		*A la grande saison sèche le feu de brousse renforce l'accumulation des aérosols dans l'atmosphère	3	
		*L'inadéquation entre la quantité d'aérosols et poussières diverses dans l'atmosphère et la capacité d'épuration de la flore existante maintient et renforce l'effet de serre additionnel	1	

De l'analyse du Tableau 3 il ressort que les causes importantes de la dégradation des terres, de la perte de la diversité biologique et du changement climatique sont observées au niveau: du pouvoir foncier où la lignée du chef coutumier détient le pouvoir réel, de la faiblesse du contrôle et du suivi du pouvoir administratif et des besoins de la population.

4 DISCUSSION

Les résultats de ce travail, par des critères et indicateurs qui renforcent ceux de l'aménagement durable des forêts des Initiatives internationales [9], permettent une interprétation selon laquelle l'exploitation de la formation herbacée, bien que réglementée, n'est pas, dans la praxis, bien assurée.

Des pourcentages de valeur de gravité supérieure à 70% sont enregistrés aux niveaux: politique, écologique et de l'environnement, soit respectivement 76%, 74% et 73,3%. Des valeurs de 37,5% sont reconnues au niveau économique. 16,6% de pourcentage de gravité sont enregistrés au niveau ethnobotanique et ethnopharmacologique. Les causes importantes de la dégradation des terres, de la perte de la diversité biologique et du changement climatique sont observées au niveau du pouvoir foncier où la lignée du chef coutumier détient le pouvoir réel, de la faiblesse du contrôle et du suivi du pouvoir administratif et des besoins de la population.

Ils montrent aussi que les produits de l'écosystème sont très bien exploités par la population et peuvent contribuer à l'amélioration du revenu des ménages. Les espèces de cet écosystème, bien qu'éparpillées au départ sont des véritables moteurs de la reforestation quand elles sont bien gérées. Malheureusement la population autochtone poussée par la population allochtone, à la recherche du profit, pratique une agriculture dévastatrice des îlots de forêts restants alors et détruit de larges espaces de cet écosystème pour répondre aux exigences de l'économie du marché.

Cette occupation anarchique et désordonnée de la savane conduit à la destruction des habitats des gibiers et autres espèces sauvages, favorise le braconnage et la chasse non contrôlée à travers le paysage situé dans les aires protégées.

L'insuffisance des infrastructures de base renforce la dégradation de cette formation herbacée. Bien que la population connaisse les bienfaits de cet écosystème, des espèces qu'il contient et des biens et services qu'on peut en tirer, la demande d'une population toujours croissante pousse à des pratiques peu rassurantes pour l'utilisation durable. C'est ce qui explique la diminution progressive, à travers le temps, de l'importance des récoltes et dans l'ensemble du revenu du petit paysan. Il s'ensuit alors la pauvreté et la misère de la grande partie de la population. Pour échapper à ces deux fléaux (pauvreté et misère), la population s'engage à la pratique du labour au tracteur tout en élargissant la gamme de ses activités. Cette pratique ne rassure pas la restauration de la fertilité de sols, à moyen ou à long terme, surtout que les paysans ignorent encore la pratique de la rotation des cultures. Le déboisement par l'agriculture itinérante sur brûlis et le défrichement par le feu des flancs des rivières risquent de causer l'ensablement de ces dernières. L'élevage du gros bétail, encore en gestation dans certains coins, la production des charbons de bois, essentiellement, à partir des quelques individus de diamètre appréciable des espèces végétales de la formation herbacée, le braconnage autour et dans les aires du Domaine et Réserve de chasse de Bombo-Lumene, comme le confirme [13], [15] contribuent à cette destruction. Toutes ces activités risquent de créer une synergie pouvant aggraver la dégradation tant de la terre, de la biodiversité que du climat.

Au niveau de la diversité biologique, les espèces végétales à importance commerciale sont très tôt, en plus, recherchées pour la production de charbons de bois. A la formation herbacée, les racines sont dessouchées pour faciliter le labour. Ce qui a pour conséquence l'uniformisation de la flore, principalement, à la formation herbacée arbustive. En revanche, très peu d'actions sont menées pour assurer la régénération et la bonne croissance des espèces et le renforcement de la fertilité des

sols des espaces de cette dernière. Ce constat révèle que les types de forêt décrits, il y a une quarantaine d'années, par plus d'un auteur que reprend [12] sont fortement détruits aujourd'hui. Ce qui ne manque pas d'influence sur les effets du changement climatique au niveau local.

5 CONCLUSION

Une étude ayant pour objectif l'évaluation du niveau de gestion de la formation herbacée des environs de Kinshasa a révélé des pourcentages de gravité très supérieure à la moyenne aux niveaux: politique, écologique et de l'environnement. 16,6% de gravité sont calculés au niveau ethnobotanique et ethnopharmacologique. Ce qui explique l'indice de gravité Très grave de la du niveau de la dégradation de l'écosystème. De façon plus approfondie, on peut situer les origines de ces dégradations au niveau des options de gestions qui n'accordent pas de l'importance à l'écosystème et à ses ressources.

Le fait que les options de gestion et de suivi de l'état des écosystèmes ne tiennent pas compte de la présence de l'écosystème, sa dégradation continue à élargir sa surface dans la matrice d'un paysage fortement fragmenté.

Les résultats tirés de cette étude, l'une des premières qui se penchent sur l'évaluation de cet écosystème, doivent pousser à un engagement, dans la praxis de la planification et de la gestion des écosystèmes, à des actions réfléchies de portée durable pour la restauration de tous les écosystèmes. C'est la seule base de la qualité et de la quantité des facteurs écologiques d'une planète restaurée et des paramètres d'une bonne santé de l'humanité.

REMERCIEMENTS

Merci à l'ICCN pour le séjour à Bombo Lumene et à l'Etat belge pour son financement comme bouse locale à charge du budget 2006 qui a permis la réalisation de cette recherche.

REFERENCES

[1] FAO: Développement des forêts dans les pays du Bassin du Congo, Stratégie d'action de la FAO., Rome, 2004.
[2] Cabala Kalaba S., Usani Sikuzani Y., Muana Yamba A., Munyemba Kankumbi F., Bogaert J, «Activités anthropiques et dynamiques des écosystèmes forestiers dans les zones territoriales de l'Arc cupicifère Katangais (RDCongo)», 2022, Tropicultura [En ligne], Vol 40, n° 3/4: 30. DOI: 10.25518/2295-8010.2100. URL: https://popus.uliege.be / 2295-8010 / index. php ? id = 2100.
[3] Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement-CNUED: Actions 21 Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement Déclaration des principes relatifs aux forêts Principaux textes de la Conférence des Nations-Unies sur l'Environnement et le Développement Publication des Nations Unies, New-York, 1993.
[4] Nations-Unies: Elaboration d'une convention internationale sur la lutte contre la désertification dans les pays gravement touchés par la sécheresse et/ou la désertification en particulier en Afrique Texte du Secrétariat. Assemblé générale, New York, 1994.
[5] Union Internationale pour la Conservation de la Nature et ses ressources – UICN: Stratégie mondiale de la conservation, des ressources vivantes au service du développement durable Section I Ed. UICN, PNUD, WWF, Suisse, Gland, 1980.
[6] UNEP: Convention sur la diversité biologique Texte et annexe, Secrétariat de la convention sur la diversité biologique (BD/94/1), Suisse, 2001.
[7] UNEP: Plan stratégique pour la convention sur la diversité biologique Toutes les décisions de CoP6 Index Décision VI.26 Convention on biological diversity, 2005.
[8] Moura Costa P. 2001. «The climat convention and evolution of the market for forest-based carbon offset», Unasylva, 206 FAO, Rome, Vol. 52, n°3, pp 34-40, 2001.
[9] Castaieda F. «Les critères et indicateurs de l'aménagement durable des forêts Initiatives internationales Situation actuelle et perspectives», Unasylva, 203 FAO, Rome, Vol. 81, n°4, pp 34-40, 2000.
[10] Emmanuel Delphine E. « la commission des forêts d'Afrique centrale», Revue juridique de l'Environnement, Vol. 32, n°2, pp 203-213, [En ligne], 2007. DOI: 10.3406/rjenv 2007.4633, https://www.persée.fr. consulté le 22 février 2026.
[11] Anonyme: Code forestier Loi n° 011/2002 du 29 août 2002. Journal officiel de la République Démocratique du Congo, Imprimerie CEDI Kinshasa, 2002.
[12] Makumbelo C.E.: Gestion durable et stratégie d'intervention Cas de la savane de Kinshasa et de Wamba (RD Congo), Presses Académiques Francophones - Paf, Berlin, 2023.
[13] Makumbelo C. E., Lukoki L. F., Belesi K.H.: Caractéristiques écologiques, Evolution et Régénération naturelle, Réserve et Domaine de Chasse de Bombo Lumene (Kinshasa RD Congo), Editions Universitaires Européennes -EUE, Berlin, 2003.

[14] Muluma M.G.T.: Le guide du chercheur en Sciences sociales et humaines Les Ed. SOGEDES Kinshasa, 2003.
[15] Makumbelo C. E.: Caractéristiques écologiques, Evolution et Moteurs de la Régénération naturelle de la forêt au Domaine et Réserve de chasse de Bombo Lumene (Kinshasa/ R.D. Congo), Thèse de Doctorat présentée et soutenue en vue de l'obtention du Grade de Docteur en Sciences, Groupe Environnement Université de Kinshasa, Département des Sciences de l'Environnement, Kinshasa, 2022.
[16] Anonyme: Mémento du forestier, Techniques rurales en Afrique Ministère de la Coopération et du Développement Deuxième Ed. revue et augmentée, Paris, 1981.
[17] Wong J.L.G., Thomber K.&Baker N.: 13 Evaluation des ressources en Produits Forestiers Non Ligneux Expérience et principes de la biométrie Produits Forestiers Non Ligneux FAO, Italie, 2001.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 899-906
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Impact des violences sexuelles et d'un cambriolage sur le système familial: Une analyse du traumatisme collectif

[Impact of sexual violence and burglary on the family system: An analysis of collective trauma]

Katenda Kankokwe Cathy[1] and Kawit Yav Lucide[2]

[1]Professeure, Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Education, Département de Psychologie du travail, Université de Lubumbashi, RD Congo

[2]Professeur, Faculté de Psychologie et Sciences de l'Education, Département de Psychologie du travail, Université de Lubumbashi, RD Congo

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

ABSTRACT: This work explores the combined impact of sexual violence and a burglary within a family, creating a major traumatic breach that transcends the simple sum of individual harms. This accumulation of aggressions transforms the home, once a space of safety, into a place of constant threat, generating trauma. Using a mixed-methods approach integrating qualitative and quantitative methods, this study highlights the emotional and social fractures caused by these traumas and proposes appropriate therapeutic interventions to promote individual and collective resilience.

KEYWORDS: sexual violence, burglary, collective trauma, family system, resilience, psychosocial support.

RESUME: Ce travail explore l'impact combiné des violences sexuelles et d'un cambriolage au sein d'une famille, créant une effraction traumatique majeure qui dépasse la simple somme des préjudices individuels. Ce cumul d'agressions transforme le foyer, autrefois espace de sécurité, en un lieu de menace permanente, engendrant un traumatisme. S'appuyant sur une méthodologie mixte intégrant des approches qualitatives et quantitatives, cette étude met en lumière les fractures émotionnelles et sociales générées par ces traumatismes et propose des interventions thérapeutiques adaptées pour promouvoir la résilience individuelle et collective.

MOTS-CLEFS: violences sexuelles, cambriolage, traumatisme collectif, système familial, résilience, accompagnement psychosocial.

1 INTRODUCTION

Les violences sexuelles, combinées à des événements tels qu'un cambriolage, ne se limitent pas à leurs impacts immédiats sur les victimes directes. Ces expériences perturbent profondément les relations intrafamiliales, provoquent des fractures sociales et émotionnelles, et bouleversent l'équilibre du système familial [1, 2]. Ces événements exacerbent les tensions préexistantes et créent des clivages au sein des familles, affectant leur capacité à fonctionner de manière harmonieuse.

Les questions qui se posent sont les suivantes:

Comment ces traumatismes influencent-ils les rôles, la communication et les frontières au sein du système familial ?

Quelles interventions psychosociales peuvent aider ces familles à reconstruire leur résilience et à rétablir un équilibre fonctionnel ?

Une analyse approfondie des impacts des violences sexuelles et du cambriolage sur la structure familiale conduit à l'élaboration des hypothèses suivantes concernant les effets et les solutions possibles pour améliorer la résilience du système familial.

Les violences sexuelles et le cambriolage provoqueraient des bouleversements significatifs dans la structure familiale, créant des fractures émotionnelles et sociales [3]. Et une prise en charge psychosociale ciblée pourrait améliorer la résilience du système familial [4].

Les recherches sur le traumatisme collectif démontrent que les événements violents impactent profondément la dynamique familiale, exacerbant les conflits existants ou générant de nouvelles tensions [5]. En outre, les travaux de Van der Kolk (2014) montrent que le traumatisme causé par des violences sexuelles, en particulier dans un contexte familial, altère les perceptions de sécurité et de confiance, affectant durablement les interactions familiales [6]. Toutefois, peu d'études intègrent une analyse conjointe de l'impact d'un cambriolage et de violences sexuelles, bien que les recherches suggèrent que l'interaction de ces deux types de traumatismes crée des effets amplifiés sur la cohésion familiale.

D'autres travaux, tels que ceux de Minuchin (1974), mettent en lumière l'importance des dynamiques familiales dans le traitement des traumatismes collectifs [1]. La systémique familiale analyse comment les rôles familiaux et les schémas relationnels peuvent se modifier suite à des événements traumatiques, comme un cambriolage ou des violences sexuelles. Ces événements, en perturbant l'équilibre familial, conduisent souvent à des comportements d'évitement, de tension ou de conflits internes. De plus, Cyrulnik (2012) suggère que, malgré la gravité du traumatisme, certaines familles parviennent à surmonter ces épreuves grâce à des ressources internes et externes, telles que le soutien familial et communautaire [7]. En ce sens, la résilience joue un rôle clé dans la restauration des liens familiaux, même après des traumatismes multiples comme les violences sexuelles et un cambriolage.

Enfin, la transmission intergénérationnelle des traumatismes, telle qu'explorée par Danieli (1998), souligne que les effets des violences sexuelles et du cambriolage peuvent se propager à travers les générations, affectant non seulement les victimes directes, mais aussi leurs descendants [8]. Ces influences se manifestent par des changements dans les croyances, les comportements et les schémas de communication au sein de la famille. Cela met en lumière l'importance de traiter les traumatismes dans une perspective systémique, prenant en compte l'ensemble du réseau familial et intergénérationnel pour une prise en charge globale.

Les travaux des auteurs convergent sur l'impact des traumatismes violents, comme le cambriolage et les violences sexuelles, sur la dynamique familiale, en mettant l'accent sur les conflits, la résilience et la transmission intergénérationnelle des traumatismes. Toutefois, l'étude souligne une divergence en raison du manque d'analyse conjointe de ces deux types de traumatismes, et des différences d'approche entre la perspective systémique et individuelle. Les effets amplifiés des traumatismes multiples sur la famille et la nécessité d'une prise en charge holistique sont des points clés partagés.

Cette étude mobilise plusieurs cadres théoriques que nous décrivons ci-dessous:

VIOLENCES SEXUELLES

Les violences sexuelles désignent tous les actes de nature sexuelle commis sans le consentement de la victime. Selon l'OMS (2002), elles incluent le viol, l'exploitation sexuelle et les agressions sexuelles, ayant des répercussions durables sur la santé physique, mentale et sociale des victimes [9]. Finkelhor (1994) met en évidence l'impact sur le développement psychologique des enfants victimes d'abus sexuels, tandis que Tolin & Foa (2006) analysent les liens entre ces violences et les troubles de stress post-traumatique [10, 11]. Ces violences, souvent accompagnées de honte et de stigmatisation, nécessitent une prise en charge multidimensionnelle pour accompagner les survivants dans leur processus de guérison.

CAMBRIOLAGE

Le cambriolage, défini comme une intrusion illégale dans un domicile ou un lieu privé dans le but de voler ou de commettre un acte malveillant [12], peut également entraîner un traumatisme psychologique. Les victimes peuvent éprouver un stress post-traumatique, de l'anxiété, ou un sentiment accru de vulnérabilité. Selon Burke & Tully (2013), le cambriolage modifie la perception de la sécurité personnelle, entraînant des symptômes persistants tels que l'anxiété et la paranoïa [13]. Sacco & Kennedy (2009) soulignent que ce type de victimisation altère non seulement l'état mental immédiat des victimes, mais aussi leur confiance en soi et dans les autres [14].

TRAUMATISME COLLECTIF

Le traumatisme collectif se manifeste lorsqu'un événement violent ou tragique affecte une communauté entière. Kai Erikson (1976) explique que ce type de traumatisme peut provoquer une perte partagée et des bouleversements sociaux et culturels, nécessitant des processus de guérison adaptés [15]. Jensen (2010) et Herman (1997) approfondissent les effets du traumatisme collectif et l'importance d'une guérison collective reposant sur des stratégies spécifiques aux particularités sociales et culturelles du groupe affecté [16, 17]

SYSTÈME FAMILIAL

La théorie du système familial, selon Salvador Minuchin (1974), considère la famille comme un ensemble interconnecté, où chaque membre influence et est influencé par les autres [1]. En cas de traumatisme, les rôles familiaux et les dynamiques peuvent se modifier, créant des dysfonctionnements. Bowen (1978) et Satir (2009) montrent que l'approche systémique vise à restaurer des interactions équilibrées et à renforcer les ressources collectives de la famille, jouant un rôle essentiel dans la santé mentale individuelle [18, 19].

RÉSILIENCE

La résilience, selon Boris Cyrulnik (2012), est la capacité à surmonter les épreuves traumatiques grâce à un processus de reconstruction psychologique et sociale, influencé par des ressources internes et externes [7]. Masten (2001) et Werner (2000) expliquent que la résilience est un processus dynamique et non une caractéristique innée, qui dépend de facteurs sociaux, personnels et environnementaux, ainsi que des relations sécurisantes et du soutien social [20, 21].

ACCOMPAGNEMENT PSYCHOSOCIAL

L'accompagnement psychosocial est un soutien global qui intègre des interventions psychologiques et sociales pour les individus et communautés affectés par des traumatismes. Selon Engel (1977), cette approche prend en compte les dimensions biologiques, psychologiques et sociales de la personne [22]. Summerfield (1999) critique la médicalisation des souffrances humaines et plaide pour une approche plus inclusive, tandis que l'OMS (2003) fournit des lignes directrices sur la prise en charge psychosociale des victimes de traumatismes, soulignant l'importance de comprendre les besoins spécifiques dans des contextes de crise. L'accompagnement psychosocial va au-delà du soin médical, en tenant compte des besoins émotionnels, sociaux et culturels des individus.

Pour mieux comprendre les mécanismes sous-jacents des traumatismes et leurs répercussions sur les individus et les familles, plusieurs théories explicatives apportent des éclairages complémentaires, en mettant en évidence différents aspects psychologiques, sociaux et relationnels.

THÉORIE DE L'ATTACHEMENT [5]

La théorie de l'attachement met en lumière l'impact des expériences traumatiques sur les relations affectives et la sécurité émotionnelle des membres d'une famille. Selon Bowlby, les traumatismes, en particulier ceux vécus dans l'enfance, peuvent perturber les liens d'attachement, créant ainsi des schémas relationnels instables. Ces perturbations peuvent se manifester par des comportements d'évitement, d'anxiété ou d'hypervigilance dans les relations futures.

THÉORIE SYSTÉMIQUE FAMILIALE [1]

Cette approche systémique s'intéresse aux interactions au sein des familles, particulièrement dans des contextes traumatiques. Elle analyse les rôles assumés par chaque membre, les frontières familiales, ainsi que les schémas dysfonctionnels qui peuvent émerger face à un traumatisme. L'objectif est de comprendre comment ces dynamiques influencent le fonctionnement global de la famille et de trouver des moyens de rétablir un équilibre sain.

THÉORIE DE LA RÉSILIENCE [7]

La théorie de la résilience explore les mécanismes psychologiques et sociaux qui permettent aux individus et aux familles de surmonter des épreuves graves. Cyrulnik souligne l'importance des ressources internes, comme l'estime de soi, et externes, telles que le soutien social, dans le processus de résilience. Cette théorie met également en avant le rôle des figures d'attachement et des environnements protecteurs dans la reconstruction après un traumatisme.

THÉORIE DE LA TRANSMISSION INTERGÉNÉRATIONNELLE [8]

La théorie de la transmission intergénérationnelle met en évidence comment les traumatismes vécus par une génération peuvent se répercuter sur les suivantes. Ces répercussions peuvent être conscientes ou inconscientes, affectant les croyances, les comportements et les émotions des descendants. Danieli montre que ces transmissions s'effectuent souvent par des récits familiaux, des non-dits ou encore par des comportements parentaux façonnés par les traumatismes.

MODÈLE BIOPSYCHOSOCIAL [22]

Le modèle biopsychosocial propose une vision intégrée des traumatismes en examinant leurs dimensions biologiques, psychologiques et sociales. Engel insiste sur l'interdépendance de ces dimensions, qui se renforcent mutuellement dans l'expérience traumatique. Ce modèle invite à une prise en charge globale, en tenant compte à la fois des facteurs individuels, comme les réponses biologiques au stress, et des influences sociales, telles que le soutien communautaire ou la stigmatisation.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIELS

Comme matériels nous avons eu recours aux entretiens motivationnels et récits de vie. Ces entretiens sont complétés par des observations et des tests projectifs, tels que le Rorschach et le TAT, qui servent de techniques de collecte de données sur le terrain. Les données recueillies sont ensuite analysées à l'aide de l'analyse de contenu. Ceci permet de décomposer le discours en unités de sens, qui sont ensuite regroupées en catégories et sous-catégories. C'est au niveau des sous-catégories que des calculs de pourcentages sont effectués.

L'analyse catégorielle et thématique structurera les résultats autour de trois axes principaux: les circonstances de la découverte de la maladie, ses conséquences et la prise en charge psychosociale. Par ailleurs, certains outils comme le TAT, l'échelle péritraumatique et l'échelle de dépression de Beck permettent d'obtenir des scores. Ces scores font l'objet de calculs statistiques, qui servent à interpréter les résultats et à enrichir notre analyse.

Ces techniques, axées sur le patient, se révèlent particulièrement efficaces dans les situations où ambivalence et motivation jouent un rôle central dans les processus de changement, comme le soutiennent Miller et Rollnick (2013) [23]. Elles représentent une évolution significative dans la relation d'aide et le travail thérapeutique.

2.2 MÉTHODES

Bien que notre approche soit essentiellement qualitative, elle adopte une démarche mixte ou hybride en combinant les méthodes qualitative et quantitative. Nous avons fait recours à la phénoménologie clinique et à l'étude de cas.

2.2.1 ANALYSE DE LA COLLECTE DES DONNÉES

Les données ont été collectées au sein de la famille Luna qui réside dans le quartier CRAA à Lubumbashi. L'étude se concentre sur les familles ayant vécu des violences sexuelles et un cambriolage, en prenant en compte les divers profils socio-économiques.

2.2.2 L'ÉCHANTILLON D'ACTEURS

Cette étude s'est déroulée au sein de la famille Luna où nous avons rencontré les victimes directes et les membres de leur entourage proche qui ont été témoins de l'événement de cambriolage couplé à des violences sexuelles.

3 RÉSULTATS

Les résultats permettent d'éclairer les dimensions personnelles, familiales et sociales du traumatisme, ainsi que les propositions thérapeutiques pour y remédier. Chaque sous-section s'efforcera de détailler ces dimensions en apportant des exemples concrets.

3.1 DESCRIPTION DE LA FAMILLE

3.1.1 IDENTITÉ DES VICTIMES

Pour des raisons éthiques, tous les noms mentionnés sont des pseudonymes. Monsieur Luna, une profession libérale né en 1971, est âgé de 53 ans et est marié à Sophie, âgée de 47 ans. La famille Luna a été fondée il y a 21 ans avec la naissance de leur fille aînée, Emmanuela, qui a deux sœurs de 18 et 8 ans et deux frères de 14 et 11 ans.

Emmanuela a été victime de violences sexuelles, avec sa mère, lors d'un cambriolage à leur domicile. Deux mois après cet incident, elle a découvert qu'elle était enceinte d'un des agresseurs. En raison de ses convictions religieuses et culturelles, elle a choisi de conserver la grossesse, bien que l'ensemble de la famille ait souhaité l'avortement. L'enfant, O.G.E., âgé de 4 ans, souffre de drépanocytose, ce qui entraîne des épisodes de fatigue, de crises douloureuses et nécessite parfois des transfusions sanguines. Sur le plan psychologique et social, O.G.E. fait face à des maltraitances, telles que la stigmatisation et la négligence.

La famille Luna réside dans le quartier CRAA à Lubumbashi et subit des difficultés liées à leur victimisation par le cambriolage et les violences sexuelles, problématiques abordées dans ce travail.

3.1.2 MOTIF DES RENCONTRES

Notre rencontre avec la famille victime est inhérente aux plaintes de la victime directe, Emmanuela, tributaire des violences sexuelles subies lors d'un cambriolage perpétré à domicile par les bandits à mains armées, violences qui ont également entrainé le viol de sa propre mère, Sophie.

3.1.3 HISTOIRE DES VIOLENCES SEXUELLES

Les violences ont été perpétrées lors d'un cambriolage, laissant les membres de la famille dans un état de vulnérabilité extrême.

3.1.4 HISTOIRE DU SYSTÈME FAMILIAL

Le système familial de la famille Luna est marqué par des tensions accrues, une communication réduite et des stigmates sociaux importants. Cette famille est identifiée comme dysfonctionnelle, plus précisément désengagée, avec Sophia et Emmanuela représentant le cœur de la souffrance familiale en tant que victimes directes des violences sexuelles. Leur douleur, qu'elle soit physique, émotionnelle, mentale ou sociale, symbolise la détresse globale du système familial, et leur reconnaissance comme points centraux de cette souffrance est essentielle pour orienter les interventions psychothérapeutiques.

En parallèle, O.G.E. est perçu comme un patient désigné, dont le problème spécifique est en réalité une manifestation des dysfonctionnements systémiques familiaux. Bien qu'il incarne la souffrance collective de la famille, il contribue paradoxalement à maintenir un certain équilibre familial, les parents focalisant sur ses difficultés pour éviter de confronter leurs propres problèmes.

Les signes cliniques observés montrent un désengagement familial évident, caractérisé par plusieurs comportements: une absence de communication, un manque d'implication parentale, une insensibilité aux besoins des enfants, et l'absence de structure familiale. Ces comportements conduisent à des difficultés relationnelles et une désunion entre les membres de la famille, exposant particulièrement les enfants à des risques.

Les symptômes cliniques relevés incluent des troubles du sommeil, de l'irritabilité, des difficultés de concentration, de l'hypervigilance, des reviviscences traumatiques, ainsi que des conflits familiaux. Selon les critères du DSM-5 et de la CIM-10, Sophia, Emmanuela et O.G.E. souffrent de traumatismes psychiques liés aux violences sexuelles. Des tests projectifs, tels que le test de Rorschach pour Emmanuela et le test TAT pour Sophia, ont été utilisés pour affiner le diagnostic et explorer les mécanismes inconscients des victimes.

Les résultats des évaluations confirment que la famille Luna souffre de multiples dysfonctionnements découlant des violences subies. Une prise en charge psychothérapeutique spécifique à chaque membre est essentielle pour favoriser leur reconstruction.

3.2 CONSÉQUENCES DES VIOLENCES SEXUELLES ET DU CAMBRIOLAGE SUR LE SYSTÈME FAMILIAL

Les résultats soulignent l'importance d'une approche systémique et intégrative pour aborder les conséquences des traumatismes collectifs. En particulier, les victimes de viol subissent des conséquences traumatiques récurrentes, telles que des reviviscences (flashbacks, cauchemars) et des comportements d'évitement. Sophie et Emmanuela témoignent de ces symptômes, avec des cauchemars récurrents et des crises d'angoisse déclenchées par des stimuli évocateurs. Emmanuela, en particulier, présente une chronicité des troubles psychotraumatiques, incluant des symptômes spécifiques (reviviscence, évitement) et non spécifiques (troubles fonctionnels), malgré le temps écoulé depuis l'événement.

Sur le plan psychologique, les conséquences du viol sont particulièrement destructrices. Emmanuela vit un profond sentiment de rejet et de haine envers les autres, marqué par un manque de confiance en elle et un désespoir concernant son avenir. Sophie, quant à elle, éprouve une peur constante et un sentiment d'humiliation lié à son viol, affectant sa féminité, son identité et sa capacité à se reconstruire. Les deux victimes partagent des sentiments de culpabilité, de honte et de rejet, exacerbés par les jugements sociaux, les empêchant de se sentir aimées ou acceptées.

La famille Luna, suite au traumatisme du vol accompagné de violences sexuelles, traverse une série de souffrances et de dysfonctionnements à plusieurs niveaux. D'abord, le traumatisme direct du vol et des violences sexuelles perturbe profondément le fonctionnement familial. Ensuite, l'enfant atteint de drépanocytose subit une stigmatisation, et les jugements sociaux viennent renforcer le traumatisme. De plus, le désengagement familial se traduit par des divisions internes, un manque de solidarité et des conflits latents. La famille fait face à des troubles tels que la dépression, l'isolement et les conflits intergénérationnels.

Les problèmes spécifiques incluent une autorité parentale fragilisée, des tensions entre frères et sœurs, et des secrets familiaux exacerbant les divisions, notamment autour de l'héritage et de la succession. La famille Luna, plutôt que d'être unie, est fragmentée, ce qui complique toute tentative de reconstruction et de guérison.

3.3 DIAGNOSTIC

En tenant compte des antécédents et des symptômes observés, un diagnostic précis a été établi.

- Trouble de stress post-traumatique avec épisodes dépressifs majeurs: Les victimes souffrent de symptômes intenses tels que des flashbacks, des cauchemars et une humeur dépressive persistante.
- Dysfonctionnement des relations intrafamiliales: Les interactions familiales sont marquées par des conflits et un manque de communication, exacerbant les difficultés psychologiques du patient.

3.4 PROPOSITION THÉRAPEUTIQUE

Une approche thérapeutique multidimensionnelle est proposée pour répondre aux besoins de la famille. Elle comprend plusieurs interventions complémentaires:

- Psychothérapie individuelle: Cette approche se concentre sur un travail approfondi des émotions, la gestion des flashbacks et des cauchemars. L'objectif est d'aider les participants à développer des stratégies pour surmonter le traumatisme et réduire ses symptômes.
- Thérapie familiale: Cette intervention vise à améliorer la communication au sein de la famille, restaurer la confiance entre ses membres et créer un environnement de soutien. Elle permet de réduire les tensions familiales et de renforcer les liens affectifs.
- Groupes de soutien: Ces groupes offrent un espace pour le partage d'expériences, permettant aux participants de renforcer sa résilience collective et de se sentir moins isolé dans son parcours de guérison.

L'ensemble de ce plan thérapeutique vise à aborder les différentes dimensions du trouble et à favoriser un rétablissement global de la famille.

3.5 RÉSULTATS DES SÉANCES D'ACCOMPAGNEMENT PSYCHOSOCIAL

Les interventions auprès de la famille Luna visaient à créer un environnement sûr pour l'expression des émotions et le partage des expériences, réparer les relations familiales altérées par le traumatisme, promouvoir une communication saine et renforcer la cohésion familiale. L'objectif principal était de soutenir les victimes, notamment la mère et la fille, dans leur processus de guérison tout en favorisant la gestion du traumatisme collectif et la restauration d'un environnement fonctionnel.

La prise en charge a commencé par une évaluation approfondie des besoins individuels et familiaux, ce qui a permis de définir des objectifs thérapeutiques clairs. L'espace sécurisé pour l'expression émotionnelle a été créé à travers des exercices de partage guidé et de non-jugement, facilitant ainsi l'ouverture des membres de la famille. En parallèle, l'exploration des rôles familiaux a permis de mettre en lumière les schémas relationnels dysfonctionnels, afin de les rééquilibrer par des techniques de restructuration.

La réparation des relations a été amorcée par des exercices d'écoute active et d'excuses sincères. Pour améliorer la communication, des techniques de communication non violente ont été enseignées et mises en pratique, réduisant ainsi les malentendus et les conflits. La cohésion familiale a été renforcée par des activités collaboratives et des jeux de rôles, permettant aux membres de mieux comprendre leurs dynamiques et d'accroître leur solidarité.

Des exercices ont également permis de redéfinir les frontières familiales, favorisant ainsi des relations plus respectueuses et une autonomie saine. Les victimes ont reçu un soutien spécifique pour renforcer leur estime de soi et leur résilience, tandis que des techniques de relaxation ont été utilisées pour gérer le stress post-traumatique. Enfin, la restauration de la confiance a été facilitée par des jeux de confiance et des discussions sur l'avenir, renforçant les liens émotionnels et la coopération au sein de la famille.

Le bilan final a permis d'établir un plan de suivi et de mettre en place un réseau de soutien externe, consolidant les acquis de la thérapie et ouvrant la voie à un avenir plus stable et optimiste pour la famille Luna.

3.6 DISCUSSION DES RÉSULTATS

Les travaux des chercheurs cités dans cette étude convergent sur l'impact des traumatismes violents sur la dynamique familiale, et cette convergence est confirmée par les résultats de l'intervention auprès de la famille Luna.

La théorie de l'attachement de Bowlby (1988) met en évidence l'importance des liens affectifs familiaux perturbés par le traumatisme [5]. Lors de l'intervention, la restauration de la confiance et des relations sécurisantes a été une priorité, en accord avec les principes de Bowlby, à travers des exercices d'écoute active et des excuses sincères.

L'approche systémique de Minuchin (1974) insiste sur la réorganisation des dynamiques familiales après un traumatisme [1]. Dans l'intervention auprès de la famille Luna, un accent a été mis sur la restructuration des rôles familiaux et la clarification des frontières, restaurations essentielles pour l'équilibre familial.

Cyrulnik (2012) met l'accent sur l'importance des ressources internes et externes pour la résilience [7]. L'intervention a confirmé cette théorie, en renforçant le soutien familial et en travaillant sur l'estime de soi des victimes, tout en impliquant un réseau de soutien externe pour faciliter le processus de guérison.

Bien que la transmission intergénérationnelle des traumatismes, selon Danieli (1998), ne soit pas directement abordée, l'évaluation systémique a permis d'identifier les dynamiques familiales intergénérationnelles, soulignant l'importance de traiter ces schémas dans la prise en charge des traumatismes familiaux [8].

Enfin, le modèle biopsychosocial d'Engel (1977) a été intégré dans l'intervention en prenant en compte les dimensions biologiques, psychologiques et sociales des traumatismes [22]. Des techniques de relaxation, d'imagerie mentale et de communication non violente ont été utilisées pour gérer le stress post-traumatique et favoriser la guérison, tout en renforçant l'importance d'un réseau de soutien externe.

En somme, les résultats de l'intervention auprès de la famille Luna montrent l'importance de réparer les relations affectives, de restructurer les dynamiques familiales, de promouvoir la résilience et de tenir compte des influences intergénérationnelles et biopsychosociales pour traiter les traumatismes collectifs familiaux.

4 CONCLUSION

Cette étude examine l'impact des violences sexuelles et d'un cambriolage sur la dynamique familiale, en analysant le traumatisme collectif. Elle explore comment ces événements affectent non seulement les victimes directes, mais aussi l'ensemble du système familial, en perturbant la cohésion familiale et en dégradant les relations intergénérationnelles.

Les hypothèses de l'étude suggèrent que l'interaction entre les violences sexuelles et le cambriolage peut déstabiliser profondément le système familial, exacerbant les conflits existants et en introduisant de nouvelles tensions. Elle postule également que la résilience familiale, ainsi que le soutien interne et externe, joueront un rôle crucial dans la gestion de ce traumatisme collectif et que des effets intergénérationnels pourraient émerger, affectant les descendants des victimes immédiates.

La méthodologie combine une approche systémique et des interventions psychothérapeutiques, telles que des entretiens et des exercices thérapeutiques. L'étude intègre des théories psychologiques (attachement, systémique, résilience et transmission intergénérationnelle) pour explorer les changements dans les rôles familiaux, les mécanismes d'adaptation et l'utilisation de ressources externes. Une attention particulière a été accordée à la gestion du stress post-traumatique et à la restauration des relations affectives au sein de la famille.

Les résultats montrent que les traumatismes multiples perturbent la dynamique familiale, accentuant les conflits internes. Cependant, un cadre sécurisé soutenu par des ressources internes et externes a permis de restaurer la cohésion familiale. La résilience, soutenue par des pratiques telles que l'écoute active et la réorganisation des rôles, a facilité la guérison. L'étude a également souligné l'importance de traiter ces traumatismes dans une perspective systémique et intergénérationnelle pour prévenir leur transmission à la génération suivante.

En définitive, l'étude souligne l'importance d'une approche holistique et intégrée pour traiter les familles touchées par des traumatismes complexes. Elle insiste sur la nécessité d'interventions prenant en compte la dynamique familiale dans son ensemble, ainsi que sur l'importance des facteurs de résilience et du soutien externe pour faciliter la guérison à long terme.

REFERENCES

[1] S. Minuchin, familles et thérapie familiale, cambridge, ma: harvard university press, 1974.
[2] P. Boss, perte, traumatisme et résilience: travail thérapeutique avec perte ambiguë, new york: norton, 2006.
[3] J. L. Herman, traumatisme et rétablissement: les conséquences de la violence – de la violence domestique à la terreur politique, new york: basic books, 1992.
[4] F. Walsh, renforcer la résilience familiale., 2e éd éd., new york: guilford press, 2006.
[5] J. Bowlby, une base sûre: l'attachement parent-enfant et le développement humain sain, new york: basic books, 1988.
[6] B. Van der kolk, le corps garde le score: le cerveau, l'esprit et le corps dans la guérison des traumatismes, new york: viking, 2014.
[7] B. Cyrulnik, un merveilleux malheur, paris: odile jacob, 2012.
[8] Y. Danieli, international handbook of multigenerational legacies of trauma, springer: new york, 1998.
[9] Organisation mondiale de la santé, «guidelines for psychosocial care in emergencies, » oms, genève, 2002.
[10] D. Finkelhor, «l'épidémiologie internationale des abus sexuels sur enfants, child abuse & neglect, » pp. 18 (1), pp. 5-20., 1994.

[11] D. F. Tolin et e. B. Foa, «agression sexuelle et trouble de stress post-traumatique: une revue de la littérature, » *journal of clinical psychology,* pp. 62 (8), pp. 1097-1118., 2006.
[12] A. Karmen, victime d'un crime: une introduction à la victimologie (9e éd.), boston: cengage learning., 2016.
[13] P. J. Burke et p. D. Tully, «victimisation et traumatisme: une étude des effets du cambriolage sur les individus, » *journal of criminal justice,* pp. 41 (4), pp. 228-236., 2013.
[14] V. F. Sacco et l. W. Kennedy, criminologie: théorie, recherche et politique, toronto: nelson education, 2009.
[15] K. Erikson, tout sur son passage: destruction de la communauté lors de l'inondation de buffalo creek, new york: simon et schuster, 1976.
[16] M. K. Jensen, «le traumatisme collectif: un cadre théorique, » *journal of social and clinical psychology,* pp. 29 (3), pp. 347-362, 2010.
[17] J. Herman et l., traumatisme et rétablissement: les conséquences de la violence – de la violence domestique à la terreur politique, news york: basic books, 1997.
[18] M. Bowen, la thérapie familiale dans la pratique clinique, new york: jason aronson, 1978.
[19] V. Satir, le modèle satir: la thérapie familiale et au-delà, palo alto, ca: science and behavior books, 2009.
[20] A. S. Masten, «magie ordinaire: processus de résilience dans le développement, » *american psychologist,* pp. 56 (3), pp. 227-238, 2001.
[21] E. E. Werner, «facteurs de protection et résilience dans le développement. Dans r. J. Haggerty, s. R. Sherrod, n. H. Garmezy et m. Rutter (éd.), stress, risque et résilience chez les enfants et les adolescents: processus, mécanismes et interventions, » *cambridge university press,* pp. 115-135, 2000.
[22] G. L. Engel, «la nécessité d'un nouveau modèle médical: un défi pour la biomédecine, » *science,* pp. 196 (4286), pp. 129-136., 1977.
[23] W. R. Miller et s. Rollnick, entretien motivationnel: aider les gens à changer, 3e éd. Ed., new york: guilford press, 2013.
[24] D. Summerfield, «une critique de la psychiatrie et de la médicalisation de la souffrance humaine, dans m. Hobfoll & p. Johnson (éd.), trauma, résistance et rétablissement: le contrôle de la souffrance humaine (pp. 227-247),» *springer,* 1999.
[25] E. B. Foa et b. O. Rothbaum, traiter le traumatisme du viol: thérapie cognitivo-comportementale pour le sspt, new york: guilford press, 1998.
[26] J. L. Moreno, qui survivra?, washington, dc: nervous and mental disease publishing, 1934.
[27] C. R. Rogers, thérapie centrée sur le client, boston: houghton mifflin, 1951.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 907-913
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Approche clinique de la souffrance psychologique: Le rôle des psychothérapies intégratives

[A clinical approach to psychological suffering: The role of integrative psychotherapies]

Katenda Kankokwe Cathy[1], Kawit Yav Lucide[2], and Kasongo Maloba Tshikala Philippe[3]

[1]Professeure, Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Education, Département de Psychologie du travail, Université de Lubumbashi, RD Congo

[2]Professeur, Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Education, Département de Psychologie, Université de Lubumbashi, RD Congo

[3]Professeur, Faculté de Psychologie et des sciences de l'éducation, Département de psychologie, Université de Lubumbashi, RD Congo

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

ABSTRACT: This article examines the effectiveness of integrative psychotherapies in treating complex trauma in victims of sexual violence. Through the cases of Emmanuela and Sophie, it demonstrates that these combined approaches reduce the symptoms of Post-Traumatic Stress Disorder, strengthen resilience, and improve emotional and social autonomy. Using a qualitative and individualized methodology, including emotion management, exploration of traumatic memories, and relapse prevention, the patients experienced a significant reduction in symptoms, improved self-esteem, and enhanced social skills, with these gains maintained over the long term. The study confirms the importance of the therapeutic alliance and innovates by integrating social and cultural dimensions, thus highlighting the relevance and flexibility of integrative psychotherapies in meeting the specific needs of victims in diverse contexts.

KEYWORDS: integrative psychotherapy, locus of suffering, multidimensional therapies, resilience, systemic approach.

RESUME: Cet article examine l'efficacité des psychothérapies intégratives dans le traitement des traumatismes complexes chez des victimes de violences sexuelles, en montrant, à travers les cas d'Emmanuela et Sophie, que ces approches combinées réduisent les symptômes de Trouble de Stress Post Traumatique, renforcent la résilience, et améliorent l'autonomie émotionnelle et sociale. Grâce à une méthodologie qualitative et individualisée, incluant la gestion des émotions, l'exploration des souvenirs traumatiques et la prévention des rechutes, les patientes ont vu une diminution notable des symptômes, une meilleure estime de soi et des compétences sociales accrues, avec un maintien des acquis sur le long terme. L'étude confirme l'importance de l'alliance thérapeutique et innove en intégrant des dimensions sociales et culturelles, soulignant ainsi la pertinence et la flexibilité des psychothérapies intégratives pour répondre aux besoins spécifiques des victimes dans divers contextes.

MOTS-CLEFS: psychothérapie intégrative, locus de la souffrance, thérapies pluridimensionnelles, résilience, approche systémique.

1 INTRODUCTION

Face à la complexité croissante des troubles psychologiques dans les sociétés contemporaines [1, 2], les psychothérapies intégratives apparaissent comme une réponse prometteuse. Ces approches, qui combinent divers courants théoriques et techniques [3], s'efforcent de respecter la singularité des patients tout en offrant des solutions adaptées à des troubles variés, notamment anxieux, dépressifs ou traumatiques [4]. Cependant, elles soulèvent des questions fondamentales sur leur capacité à répondre efficacement aux besoins diversifiés des patients.

L'efficacité des psychothérapies intégratives dépend de la capacité du thérapeute à maîtriser des outils variés tout en adoptant une posture réflexive [5]. Cela implique une formation approfondie et une personnalisation des soins qui posent des défis éthiques [6]. Par

ailleurs, les approches intégratives doivent éviter le risque de dilution des concepts fondamentaux [7], tout en garantissant leur validité scientifique et leur cohérence thérapeutique [8].

À Lubumbashi, la recrudescence des cambriolages associés à des violences sexuelles met en lumière des traumatismes complexes exacerbés par la stigmatisation sociale. Ce contexte soulève des interrogations sur la pertinence des psychothérapies intégratives, notamment leur adaptation aux spécificités culturelles et sociales locales, ainsi que leur efficacité dans un environnement marqué par l'insécurité et la violence.

L'article explore plusieurs questions fondamentales: comment adapter les psychothérapies intégratives aux besoins des victimes de violences à Lubumbashi ? Quels outils thérapeutiques sont les plus pertinents pour traiter ces traumatismes complexes ? Quels obstacles sociaux, culturels et éthiques limitent leur application ? Enfin, comment évaluer leur efficacité dans un tel contexte de souffrance psychologique intense ?

Pour mieux comprendre les enjeux de cette recherche, il est essentiel d'examiner les fondements théoriques qui la sous-tendent, incluant les hypothèses de travail, l'état de l'art et les approches théoriques pertinentes.

À partir des questions soulevées, plusieurs hypothèses de recherche peuvent être formulées pour explorer le rôle des psychothérapies intégratives dans la prise en charge de la souffrance psychologique des victimes de cambriolages et de violences sexuelles à Lubumbashi.

Les psychothérapies intégratives, en combinant des techniques variées (cognitivo-comportementales, humanistes, psychodynamiques), apparaissent particulièrement adaptées pour répondre aux besoins spécifiques des victimes de traumatismes complexes à Lubumbashi, en prenant en compte les différences individuelles, les manifestations de stress post-traumatique et les influences culturelles. Des outils spécifiques comme l'EMDR et les interventions basées sur la pleine conscience se révèlent efficaces pour réduire les symptômes et restaurer la résilience psychologique. Cependant, des obstacles culturels et sociaux, tels que la stigmatisation et les croyances traditionnelles, limitent leur efficacité, nécessitant une adaptation culturelle et une sensibilisation communautaire. Enfin, une évaluation rigoureuse, utilisant des critères qualitatifs et quantitatifs adaptés aux réalités locales, permettrait de valider leur impact, tout en orientant la recherche vers une compréhension approfondie de leur pertinence et des défis liés à leur application dans des contextes socioculturels spécifiques.

Un examen des recherches actuelles permet de situer les psychothérapies intégratives dans le paysage thérapeutique contemporain et d'en évaluer l'impact.

Les travaux de Bowlby (1988) soulignent l'importance des relations précoces et d'une base sécurisée dans la résilience face aux traumatismes, ce qui est crucial pour comprendre les interventions auprès des victimes de violences sexuelles [4]. Rogers (1961) et Norcross (1990) mettent en avant le rôle central de l'alliance thérapeutique et de la relation empathique, des aspects fondamentaux des psychothérapies intégratives [1, 6]. Elliott et al. (2013) illustrent l'efficacité de la thérapie centrée sur les émotions (EFT) dans la gestion des émotions négatives liées aux traumatismes complexes, tandis que Prochaska et Norcross (2018) insistent sur la flexibilité et l'individualisation des approches thérapeutiques [8, 9].

Les perspectives de Mitchell (2000) et Norcross et Goldfried (2005) explorent les dynamiques relationnelles et l'intégration des modèles pour répondre aux besoins complexes des patients, tout en mettant en garde contre le risque de dilution théorique [7]. Enfin, Yalom (1989) et Wachtel (1977) enrichissent le cadre des psychothérapies intégratives en combinant des éléments humanistes, existentiels et comportementaux, adaptés à des contextes variés [2, 5].

Malgré leur pertinence, ces travaux restent majoritairement ancrés dans des contextes occidentaux, ce qui limite leur application directe à des environnements comme celui de Lubumbashi, marqué par des traumatismes complexes et des défis socioculturels spécifiques. De plus, certains auteurs privilégient des approches spécialisées ou théoriques, comme Bowlby (1988) avec la théorie de l'attachement [4] ou Elliott et al. (2013) avec l'EFT [8], alors que les psychothérapies intégratives cherchent à combiner plusieurs perspectives pour offrir des solutions adaptées aux contextes locaux.

Les travaux analysés convergent sur l'importance de l'intégration, de la relation thérapeutique et de l'adaptation aux besoins des patients. Toutefois, elles mettent en lumière des défis liés à la contextualisation des interventions et à la conciliation entre spécialisation et flexibilité, soulignant ainsi la nécessité de développer des approches intégratives adaptées aux spécificités socioculturelles de Lubumbashi.

L'approche systémique, développée par Minuchin (1974), considère les individus comme faisant partie de systèmes plus larges (famille, société) [10], où les interactions influencent le bien-être [11, 12], mettant l'accent sur les dynamiques relationnelles et leurs effets globaux pour favoriser des changements positifs.

Ces approches combinent différents cadres théoriques pour répondre de manière adaptée et personnalisée aux besoins des patients. Elles s'appuient sur des modèles explicatifs variés, chacun apportant un éclairage spécifique sur les processus de changement thérapeutique.

MODÈLE TRANSTHÉORIQUE DU CHANGEMENT [9]

L'un des modèles les plus influents est le modèle transthéorique du changement, développé par Prochaska et DiClemente [9]. Ce modèle propose que le changement comportemental s'opère à travers une série de stades, tels que la précontemplation, la contemplation, la préparation, l'action et le maintien. Il met en avant l'importance de l'évaluation des étapes du changement pour adapter les interventions thérapeutiques.

APPROCHES HUMANISTES, AXÉES SUR L'ACCEPTATION ET LA CONGRUENCE [1]

Les approches humanistes, quant à elles, mettent l'accent sur l'acceptation inconditionnelle, l'empathie et la congruence. Développées par Rogers (1961), ces théories considèrent que le thérapeute joue un rôle central dans la création d'un espace sûr et bienveillant, où le patient peut explorer ses émotions et ses expériences en toute authenticité [1]. Ces principes soutiennent l'idée que l'acceptation de soi est un levier essentiel pour le changement et la croissance personnelle.

THÉORIE DU LOCUS DE LA SOUFFRANCE

Cette théorie propose une perspective unique en s'intéressant à la manière dont les individus perçoivent et situent leur douleur ou leur mal-être. Elle distingue principalement deux orientations: un locus interne, où l'individu considère la souffrance comme un produit de ses propres pensées, émotions ou comportements; et un locus externe, où la souffrance est perçue comme causée par des facteurs externes, tels que les relations ou les événements de vie. Cette théorie joue un rôle crucial dans la manière dont le thérapeute adapte son approche, en aidant le patient à explorer la source de son mal-être et à mobiliser des ressources internes ou externes pour y faire face.

THÉORIES SYSTÉMIQUES [10]

Les théories systémiques soulignent l'importance des relations interpersonnelles et de l'interdépendance entre l'individu et son environnement. Minuchin (1974) a notamment démontré que les dynamiques familiales et sociales influencent profondément le bien-être psychologique [10]. Ces théories privilégient une compréhension globale du patient dans son contexte relationnel et environnemental, favorisant des changements non seulement individuels, mais aussi collectifs.

En résumé, ces théories explicatives offrent une base conceptuelle riche pour comprendre et guider les pratiques en psychothérapie intégrative. Chacune apporte une perspective unique sur les mécanismes de transformation, tout en se complétant dans une approche holistique du soin.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 MATÉRIELS

Les matériels utilisés étaient basés sur les entretiens motivationnels et les récits de vie, particulièrement utiles lorsque l'ambivalence et la motivation sont cruciales pour le changement. Les entretiens sont complétés par des observations directes et des techniques projectives comme le Rorschach et le TAT, dont les données sont analysées via l'analyse de contenu et les calculs statistiques d'échelles comme celles de Beck et de la détresse émotionnelle.

2.2 MÉTHODES

Dans une approche clinique de la souffrance psychologique, notamment dans le cadre des psychothérapies intégratives, une démarche mixte combine des méthodes qualitatives et quantitatives. Elle intègre la phénoménologie clinique, l'étude de cas, et la méthode systémique. Cette approche permet d'évaluer la souffrance psychologique, notamment chez les patients atteints de drépanocytose, et d'identifier les facteurs influençant leur bien-être psychologique.

2.2.1 ACQUISITION ET TRAITEMENT DES DONNÉES

Cette étude a été menée à Lubumbashi, la deuxième plus grande ville de la République Démocratique du Congo, après Kinshasa, tant en termes de superficie que d'infrastructures. Située dans la province du Haut-Katanga, au sud du pays, Lubumbashi se caractérise par sa position stratégique et sa population jeune, dynamique et en pleine expansion, répartie sur sept communes. Cette ville, en plein développement, fait face à des défis sociaux complexes, notamment des problèmes de sécurité et de cohésion sociale.

Le contexte de l'étude a été influencé par la réalité urbaine de Lubumbashi, où les cambriolages fréquents, couplés à des violences sexuelles, sont des phénomènes qui impactent profondément les individus et leurs familles. Ces actes de violence engendrent des

troubles mentaux graves chez les victimes, dont les conséquences sont souvent exacerbées par les perturbations intrafamiliales et les stigmates sociaux. Dans ce cadre, l'approche intégrative des psychothérapies s'avère cruciale, car elle permet de prendre en compte à la fois les dimensions émotionnelles, psychologiques et sociales de la souffrance des patients. L'étude met ainsi en lumière l'importance de ces thérapies pour adresser les traumatismes et améliorer le bien-être psychologique dans un environnement marqué par des violences et des tensions familiales.

2.2.2 POPULATION CIBLE

La population cible de cette étude se compose de victimes adultes ayant subi des actes de cambriolage, suivis de violences sexuelles, et qui, en raison de ces événements traumatiques, présentent des troubles mentaux, des troubles de l'humeur ou des perturbations intrafamiliales. Parmi ces victimes, l'étude a spécifiquement ciblé deux femmes ayant été directement confrontées à ces événements traumatiques au sein de leur système familial.

2.2.3 TAILLE DE L'ÉCHANTILLON

L'échantillon de l'étude a été constitué de victimes directes de cambriolage et de violences sexuelles à Lubumbashi, une problématique fréquente dans les milieux sociaux tendus de la ville. Les participantes ont été sélectionnées en collaboration avec des structures locales d'aide psychologique et des services sociaux, selon des critères stricts: avoir subi un cambriolage suivi de violences sexuelles, être âgées de 18 ans ou plus, et présenter des troubles psychologiques tels que des troubles anxieux, dépressifs ou un stress post-traumatique. Les participantes ont dû être capables de participer de manière informée et consentie, tout en garantissant leur confidentialité et leur bien-être.

3 RESULTATS DE LA RECHERCHE

3.1 DESCRIPTION DES PARTICIPANTES

Nous avons eu à faire à deux participantes:

Il s'agit d'Emmanuela, âgée de 21 ans, aînée d'une fratrie de cinq enfants. Elle a deux sœurs cadettes, respectivement âgées de 18 ans et 8 ans, ainsi que deux frères cadets de 14 ans et 11 ans. En tant qu'aînée, elle occupe une place centrale dans la famille, mais son parcours a été marqué par un événement profondément traumatique.

Un cambriolage survenu au domicile familial a bouleversé sa vie. Au cours de cette nuit tragique, Emmanuela a été victime de violences sexuelles, tout comme sa mère, Sophie. Deux mois après cette agression, elle découvre qu'elle est enceinte de l'un des agresseurs. Face à cette situation difficile, Emmanuela a dû affronter les décisions complexes et douloureuses.

Sa coutume protectrice Muluba du Kasaï Central et sa confession religieuse, le « Message du temps de la fin », l'ont empêchée d'avorter, malgré le souhait exprimé par tous les membres de sa famille. Elle a conservé sa grossesse et a donné naissance à un enfant, prénommé O.G.E., aujourd'hui âgé de 4 ans. Ce prénom, issu du latin *Omnia Gracia Est* (tout par la grâce), reflète peut-être l'espoir ou la résilience qu'elle a su maintenir malgré les épreuves.

Sophie, âgée de 47 ans, est l'épouse de Monsieur Luna, un homme de 53 ans. Ensemble, ils ont construit une famille dans le quartier CRAA de la commune de Lubumbashi. Sophie est la mère de cinq enfants, dont Emmanuela, et joue un rôle central dans la dynamique familiale.

Comme sa fille aînée, Sophie a également été victime des violences sexuelles lors du cambriolage au domicile familial. Cet événement traumatisant a eu des répercussions profondes sur son bien-être psychologique et émotionnel, tout en affectant la stabilité de toute la famille.

Sophie doit non seulement gérer ses propres blessures, mais aussi soutenir sa fille dans l'épreuve qu'elle traverse, notamment dans l'éducation d'O.G.E., qui souffre de drépanocytose et de stigmatisation sociale. En dépit de ces défis, elle reste une figure clé dans la gestion des difficultés familiales engendrées par ces événements.

Emmanuela et Sophie sont liées par une expérience commune de victimisation, mais également par leur combat pour surmonter les répercussions psychologiques, sociales et familiales des violences subies. Tandis qu'Emmanuela porte le poids de son rôle de mère célibataire et celui de la stigmatisation liée à son enfant, Sophie est confrontée à la tâche complexe de maintenir l'unité familiale et de protéger ses enfants malgré les séquelles de leur passé commun.

3.1.1 MOTIF DES RENCONTRES

Les motifs de rencontre des participantes étaient multiples. Premièrement, ces femmes avaient toutes exprimé des besoins de soutien psychologique face aux traumatismes qu'elles avaient vécus, incluant des symptômes de stress post-traumatique, des sentiments d'impuissance et de honte, ainsi que des perturbations au sein de leurs familles. Deuxièmement, l'objectif de l'étude était de comprendre comment ces événements avaient influencé leur souffrance psychologique, notamment à travers l'impact sur leur relation familiale, leur bien-être émotionnel et leur motivation à chercher de l'aide. Enfin, la rencontre avait aussi pour but de mieux cerner les dynamiques sociales et familiales dans lesquelles ces victimes évoluent, ce qui permet de mieux comprendre les besoins d'accompagnement psychologique spécifique dans le contexte particulier de Lubumbashi.

3.1.2 DIAGNOSTIC PSYCHOPATHOLOGIQUE

Les données cliniques de Sophie et Emmanuela, victimes de violences sexuelles, révèlent un trouble de stress post-traumatique (TSPT) avec des symptômes tels que troubles du sommeil, irritabilité, hypervigilance, flashbacks et évitement des situations traumatiques. Selon le DSM-5 et la CIM-10, ces symptômes correspondent aux critères diagnostiques du TSPT, incluant intrusion, évitement, altérations des cognitions et de l'humeur, ainsi qu'hyperréactivité. Cependant, une perspective systémique enrichit cette analyse en tenant compte des dynamiques familiales, marquées par des conflits relationnels et une détresse émotionnelle, qui contribuent au maintien des troubles traumatiques. Cette approche élargie permet de comprendre les symptômes non seulement sous l'angle individuel, mais aussi en tenant compte des facteurs familiaux et collectifs, offrant ainsi une vision plus globale du traumatisme.

3.1.3 PROPOSITION THÉRAPEUTIQUE

Les approches intégratives en psychothérapie, combinant diverses techniques, sont particulièrement efficaces pour traiter les victimes de stress post-traumatique (TSPT), telles que celles ayant subi des violences sexuelles lors d'un cambriolage. Ces approches visent à atténuer les symptômes du traumatisme, tels que les flashbacks, l'hypervigilance et les difficultés émotionnelles, tout en favorisant la résilience des victimes. Des techniques comme la restructuration cognitive et l'exposition graduée de la thérapie cognitivo-comportementale (TCC) aident à modifier les croyances négatives liées au traumatisme, tandis que les approches somatiques régulent les réponses physiologiques au stress, contribuant à restaurer un sentiment de sécurité corporelle.

D'autres méthodes comme l'EMDR et la thérapie centrée sur les émotions (TCE) jouent un rôle clé dans la désensibilisation des souvenirs traumatiques et l'expression des émotions profondes. Les approches basées sur la pleine conscience, telles que la méditation guidée, aident à réduire les ruminations et à favoriser l'apaisement intérieur. Enfin, la thérapie systémique, particulièrement pertinente pour les victimes partageant un lien familial, permet de restaurer la communication et de renforcer les liens de soutien, essentiels pour leur rétablissement. Ces techniques intégratives offrent ainsi une prise en charge globale, en abordant les dimensions cognitives, émotionnelles, somatiques et relationnelles du traumatisme.

3.2 RÉSULTATS DE SÉANCES D'ACCOMPAGNEMENT PSYCHOSOCIAL

Il s'agit des résultats des séances de prise en soins de deux victimes directes: Emmanuela et Sophie.

3.2.1 RÉSULTATS DES SÉANCES AVEC EMMANUELA

Le parcours thérapeutique d'Emmanuela a débuté par une première séance dédiée à établir un espace sécurisant et à évaluer ses besoins et son vécu traumatique. Lors de la deuxième séance, la psychoéducation a permis de normaliser ses réactions liées au trouble de stress post-traumatique (TSPT). La troisième séance a introduit des techniques de régulation émotionnelle comme la respiration contrôlée et la pleine conscience. La quatrième séance s'est concentrée sur la restructuration des pensées négatives liées au traumatisme. La cinquième séance a permis d'explorer les souvenirs traumatiques de manière sécurisée pour réduire leur charge émotionnelle. La sixième a favorisé la reconstruction de l'image de soi et la relation au corps, tandis que la septième a renforcé les aptitudes sociales d'Emmanuela. Enfin, la dernière séance a fait le point sur les progrès réalisés et mis en place des stratégies pour maintenir les acquis à long terme, illustrant ainsi l'approche intégrative de la psychothérapie pour une guérison globale.

3.2.2 RÉSULTATS DES SÉANCES AVEC SOPHIE

Le parcours thérapeutique de Sophie a commencé par une première séance visant à établir un climat de confiance et à recueillir des informations sur son histoire traumatique et ses symptômes. La deuxième séance s'est concentrée sur la gestion de ses symptômes de trouble de stress post-traumatique (TSPT), notamment l'anxiété et les flashbacks, en lui enseignant des techniques de régulation émotionnelle comme la relaxation et la respiration profonde. La troisième séance a permis à Sophie d'explorer et de traiter les émotions refoulées liées au traumatisme. La quatrième a renforcé ses ressources internes en l'aidant à se reconnecter à ses forces personnelles et

sociales. La dernière séance a consolidé ses acquis, en mettant en place des stratégies à long terme pour l'autogestion de ses symptômes et la prévention des rechutes. Ce parcours illustre l'efficacité des psychothérapies intégratives en combinant diverses approches pour un rétablissement durable.

3.2.3 COMPARAISON ENTRE LES SÉANCES D'ACCOMPAGNEMENT PSYCHOSOCIAL D'EMMANUELA ET CELLES DE SOPHIE

Les séances d'accompagnement psychosocial d'Emmanuela et de Sophie présentent plusieurs points de convergence, notamment la création d'un environnement sécurisé pour établir la confiance, la gestion des émotions liées au trouble de stress post-traumatique (TSPT) et le renforcement de l'estime de soi à travers des exercices de gratitude. Les deux patientes ont également exploré et traité les émotions associées à leur traumatisme, ce qui a facilité leur compréhension et gestion de leurs ressentis. De plus, chaque parcours thérapeutique a intégré une préparation à la gestion autonome des symptômes à long terme, en prévoyant des stratégies pour prévenir les rechutes et favoriser un rétablissement durable.

Cependant, des divergences notables existent dans leurs parcours. La première séance d'Emmanuela s'est concentrée sur l'évaluation de son traumatisme et la création de la confiance, tandis que celle de Sophie a directement intégré l'historique du traumatisme dans le processus de relation thérapeutique. Emmanuela a également eu une séance dédiée au traitement des souvenirs traumatiques, ce qui n'a pas été le cas pour Sophie, qui s'est davantage concentrée sur la gestion immédiate des symptômes. De plus, Emmanuela a bénéficié d'un accompagnement pour renforcer ses compétences sociales et ses relations, contrairement à Sophie, qui a privilégié la gestion personnelle de son traumatisme sans un accent particulier sur la réintégration sociale. Ces ajustements soulignent l'importance de personnaliser les interventions en fonction des besoins spécifiques de chaque patient.

3.3 DISCUSSION DES RÉSULTATS

Les résultats des séances d'accompagnement psychosocial d'Emmanuela et Sophie illustrent les progrès significatifs réalisés dans la gestion des émotions, la réduction des symptômes post-traumatiques, et le renforcement de l'estime de soi, soutenus par diverses théories psychothérapeutiques. Par exemple, la théorie de l'attachement de Bowlby a été confirmée par la création d'un environnement sécurisé, facilitant la résilience des patientes. La thérapie centrée sur les émotions, l'alliance thérapeutique, et l'intégration des approches analytiques et comportementales ont joué un rôle crucial dans leur guérison, permettant aux patientes d'explorer leurs émotions et de traiter les souvenirs traumatiques tout en renforçant leurs compétences sociales et émotionnelles. De plus, l'adaptation des interventions en fonction des besoins et de la progression de chaque patiente, comme souligné par Prochaska et Norcross, a contribué à une prise en charge plus personnalisée.

Cependant, cette étude a apporté des innovations qui vont au-delà des théories classiques. Par exemple, un accent particulier a été mis sur le travail des compétences sociales et la prévention des rechutes, ce qui n'était pas explicitement abordé dans les théories antérieures. L'approche a également pris en compte des facteurs contextuels et culturels, comme la stigmatisation et l'isolement social, qui ont influencé la personnalisation des interventions pour chaque patiente. Ces éléments spécifiques ont enrichi les modèles existants en offrant des solutions plus adaptées aux besoins complexes des victimes de traumatismes, renforçant ainsi l'efficacité des psychothérapies intégratives. En conclusion, cette étude montre que l'intégration flexible des approches psychothérapeutiques, combinée à une attention particulière aux besoins individuels et contextuels, est essentielle pour un rétablissement durable.

4 CONCLUSION

L'étude visait à répondre à la problématique de l'efficacité des psychothérapies intégratives dans le traitement des traumatismes complexes chez des victimes de violences sexuelles, comme Emmanuela et Sophie. L'hypothèse principale était que ces thérapies, en combinant diverses approches, permettraient de réduire les symptômes de TSPT, de renforcer la résilience, et d'améliorer l'autonomie émotionnelle et sociale des patientes.

Une méthodologie qualitative et individualisée a été utilisée, intégrant des interventions variées, telles que la gestion des émotions, l'exploration des souvenirs traumatiques, et la prévention des rechutes. Les résultats obtenus montrent que les psychothérapies intégratives ont permis une réduction notable des symptômes de TSPT, une amélioration de l'estime de soi et des compétences sociales, ainsi qu'un renforcement des capacités des patientes à maintenir les acquis thérapeutiques à long terme.

Les résultats confirment les hypothèses de recherche et rejoignent les travaux de prédécesseurs comme Bowlby et Norcross sur l'importance de l'alliance thérapeutique et de la base sécurisée. Cependant, l'étude innove en intégrant des dimensions sociales et culturelles spécifiques et en mettant un accent particulier sur la prévention des rechutes, des aspects peu explorés dans les modèles classiques.

En conclusion, les psychothérapies intégratives se révèlent efficaces pour traiter la souffrance psychologique liée aux traumatismes complexes, tout en offrant la flexibilité nécessaire pour adapter les interventions aux spécificités des patients. Cette étude souligne leur pertinence pour répondre aux besoins variés des victimes dans différents contextes.

REFERENCES

[1] C. R. Rogers, Devenir une personne: le point de vue d'un thérapeute sur la psychothérapie, Houghton Mifflin, 1961.
[2] I. D. Yalom, Le bourreau de l'amour et autres récits de psychothérapie, New York: Basic Books, 1989.
[3] J. C. Norcross et M. R. Goldfried, Manuel d'intégration de la psychothérapie, 2e éd. éd., Presses universitaires d'Oxford, 2005.
[4] J. Bowlby, Une base sûre: attachement parent-enfant et développement humain sain, New York: Basic Books, 1988.
[5] P. L. Wachtel, Psychanalyse et thérapie comportementale: vers une integration, Livres de base., 1977.
[6] J. C. Norcross, Relations psychothérapeutiques efficaces: réactivité fondée sur des données probantes, Presses universitaires d'Oxford., 1990.
[7] S. A. Mitchell, Relationnalité: de l'attachement à l'intersubjectivité, The Analytic Press, 2000.
[8] R. Elliott, J. C. Watson, L. S. Greenberg et R. N. Goldman, Apprendre la thérapie centrée sur les émotions: l'approche expérientielle du changement fondée sur le processus, American Psychological Association, 2013.
[9] J. O. Prochaska et C. C. DiClemente, «Étapes et processus de changement personnel du tabagisme: vers un modèle intégratif du changement, » *Journal of Consulting and Clinical Psychology,* pp. 51 (3), pp. 390–395, 1983.
[10] S. Minuchin, Familles et thérapie familiale, Cambridge, MA: Harvard University Press., 1974.
[11] M. Bowen, Thérapie familiale dans la pratique Clinique, New York: Jason Aronson, 1978.
[12] G. (. Bateson, Vers une écologie de l'esprit, University of Chicago Press, 1972.
[13] J. O. Prochaska et J. C. Norcross, Systèmes de psychothérapie: une analyse transthéorique, 9e éd. éd., Oxford University Press, 2018.
[14] B. Van der Kolk, Le corps garde le score: le cerveau, l'esprit et le corps dans la guérison des traumatismes, New York: Viking, 2014.
[15] M. Ungar, L'écologie sociale de la résilience: un manuel de théorie et de pratique, Springer, 2011.
[16] B. Cyrulnik, La résilience au quotidien, Odile Jacob, 2024.
[17] S. Vanistendael, Résilience et spiritualité: fondements de la force humaine, Springer, 2022.
[18] D. J. Siegel, L'esprit: voyage au cœur de l'être humain. W. W., Norton., 2016.
[19] J. B. Rotter, «Contrôle interne versus externe du renforcement: étude d'un concept, » *American Psychologist,* pp. 45 (4), 489–493, 1990.
[20] E. L. Deci et R. M. Ryan, «Le «quoi» et le «pourquoi» des buts: besoins humains et autodétermination du comportement, » *Psychological Inquiry,* pp. 11 (4), 227–268, 2000.
[21] R. J. Lefcourt, Le locus de contrôle: tendances actuelles en théorie et en recherche, Psychology Press, 2014.
[22] R. Gilbert et V. Orlans, Psychothérapie intégrative: théorie et pratique, Open University Press, 2020.
[23] J. C. Norcross et M. R. Goldfried, Manuel de psychothérapie intégrative, Oxford University Press, 2019.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 914-926
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Impacts socio-politiques de la transhumance dans la région du Tchologo (Nord de la Côte d'Ivoire)

[Socio-political impacts of transhumance in the Tchologo region (Northern Ivory Coast)]

Grah Diéké Jean Barthélémy and Koffi Simplice Yao

Département de Géographie, Université Peleforo GON COULIBALY, Korhogo, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: Transhumance is an ancient phenomenon, but its socio-political impacts have become much more pronounced in recent years. This article analyzes the effects of transhumance on agropastoral relations, local security, and governance mechanisms in the Tchologo region. The study is based on a mixed methodological approach combining quantitative and qualitative surveys conducted among 362 stakeholders (farmers, agro-herders, transhumant herders, and institutional actors) in eight villages in the Tchologo region. The results show a marked deterioration in relations between farmers and transhumant herders, perceived by 82% of farmers and 53% of herders. This deterioration is linked to crop damage, increased pressure on land, pastures, and water resources, as well as animal losses. Restricted access to agro-pastoral dams (46%) and grazing areas (54%) and tougher conditions for transhumant herders are contributing to increased inter-community tensions. These conflictual dynamics have led to forced pastoral mobility, marked by the forced displacement of more than 100 herders to other regions of Côte d'Ivoire or to neighboring countries. Furthermore, insecurity has increased with the emergence of rural banditry, the circulation of small arms, and the recurrent mobilization of security forces. Local conflict resolution mechanisms appear to be weakened: more than half of the complaints recorded remain unresolved, and the majority of those interviewed consider village commissions to be ineffective and insufficiently neutral.

KEYWORDS: impact, socio-politics, transhumance, Tchologo, Ivory Coast.

RESUME: La transhumance constitue un phénomène ancien, mais ses impacts socio-politiques se sont fortement accentués ces dernières années. Cet article analyse les effets de la transhumance sur les relations agropastorales, la sécurité locale et les mécanismes de gouvernance dans la région du Tchologo. L'étude repose sur une approche méthodologique mixte combinant enquêtes quantitatives et qualitatives, menée auprès de 362 acteurs (agriculteurs, agro-éleveurs, éleveurs transhumants et acteurs institutionnels) dans huit villages de la région du Tchologo. Les résultats montrent une dégradation marquée des relations entre agriculteurs et éleveurs transhumants, perçue par 82% des agriculteurs et 53% des éleveurs. Cette détérioration est liée aux dégâts de cultures, à la pression accrue sur les terres, les pâturages et les ressources en eau, ainsi qu'aux pertes animales. La restriction d'accès aux barrages agropastoraux (46%), aux zones de pâturages (54%) et le durcissement des conditions d'accueil des transhumants contribuent à l'intensification des tensions intercommunautaires. Ces dynamiques conflictuelles ont entrainé des mobilités pastorales contraintes, marquées par le déplacement forcé de plus de 100 éleveurs vers d'autres régions ivoiriennes ou vers les pays voisins. Par ailleurs, l'insécurité s'est accentuée avec l'émergence de formes de banditisme rural, la circulation d'armes légères et une mobilisation récurrente des forces de sécurité. Les mécanismes locaux de règlement des conflits apparaissent fragilisés: plus de la moitié des plaintes enregistrées restent sans suite, et la majorité des acteurs interrogés jugent les commissions villageoises peu efficaces et insuffisamment neutres.

MOTS-CLEFS: impact, socio-politique, transhumance, Tchologo, Côte d'Ivoire.

Corresponding Author: Grah Diéké Jean Barthélémy

1 INTRODUCTION

Entre 1968-1973 et 1983-1985, l'Afrique de l'Ouest a connu de sévères épisodes de sécheresse, marqués notamment par une progression du désert saharien vers les zones méridionales [15]. Ces crises climatiques ont entrainé un recul rapide du domaine sahélo-pastoral ainsi que de la zone agricole nord-soudanienne, compromettant durablement les conditions de vie et de production des pollutions pastorales [15].

Face à cette dégradation environnementale, de nombreux pasteurs d'origine sahélienne ont été contraints d'adopter des stratégies de mobilité accrue [14], se traduisant par une migration massive vers la Côte d'Ivoire à la recherche de fourrage [6]. Ce mouvement migratoire a été encouragé et encadré par l'Etat ivoirien, notamment à travers l'action de la Société d'Etat pour le Développement de la Production Animale (SODEPRA), dans une logique de valorisation du potentiel pastoral national [4].

La zone septentrionale de la Côte d'Ivoire, et plus particulièrement la région du Tchologo, caractérisée par une forte vocation agricole, s'est ainsi imposée comme l'un des principaux pôles d'accueil des éleveurs Peuls [1]. Dans un temps, la pratique de la transhumance ne générait pas de tensions majeures, les relations entre éleveurs transhumants et autochtones reposaient sur un équilibre fondé sur la complémentarité des activités [10]. Cependant, depuis le début des années 2000, cette situation a profondément évolué. Comme le souligne [11], les relations autrefois relativement harmonieuses sont désormais marquées par une montée des conflits, liés à une concurrence accrue pour l'accès aux ressources naturelles et à l'espace rural. Cette dynamique conflictuelle est renforcée par la pression foncière croissante, la raréfaction des pâturages et des points d'eau, ainsi que l'extension continue des surfaces cultivées [9].

Dans cette perspective, le présent article vise à évaluer l'impact socio-politique de la transhumance. Il s'est agi de montrer que la transhumance, à travers les dommages qu'elle occasionne, contribue de manière significative à la détérioration des relations entre agriculteurs et éleveurs transhumants. Elle participe à l'intensification des conflits, exacerbe les tensions autour de la gestion des ressources naturelles et alimente un climat d'insécurité croissant dans la région du Tchologo. Par ailleurs, ces dynamiques mettent à rude épreuve les mécanismes de gouvernance locale.

2 MÉTHODOLOGIE

Cette étude adopte une approche méthodologique mixte, fondée sur des techniques d'échantillonnage non probabilistes, adaptées à la forte mobilité des éleveurs transhumants et à l'absence de bases de données exhaustives. Elle porte sur la transhumance et ses conséquences socio-politiques dans le Nord de la Côte d'Ivoire. La région du Tchologo a été retenue en raison de la récurrence des conflits agropastoraux, de sa position frontalière avec le Mali et le Burkina Faso, de la disponibilité relative des ressources naturelles et de la coexistence étroite entre agriculture et élevage. L'étude couvre les trois départements de la région (Ferkessédougou, Kong et Ouangolodougou) et repose sur un échantillonnage raisonné de huit villages, sélectionnés selon leur proximité avec les couloirs de transhumance, leur situation frontalière, la diversité de la couverture végétale et la fréquence des conflits (figure 1).

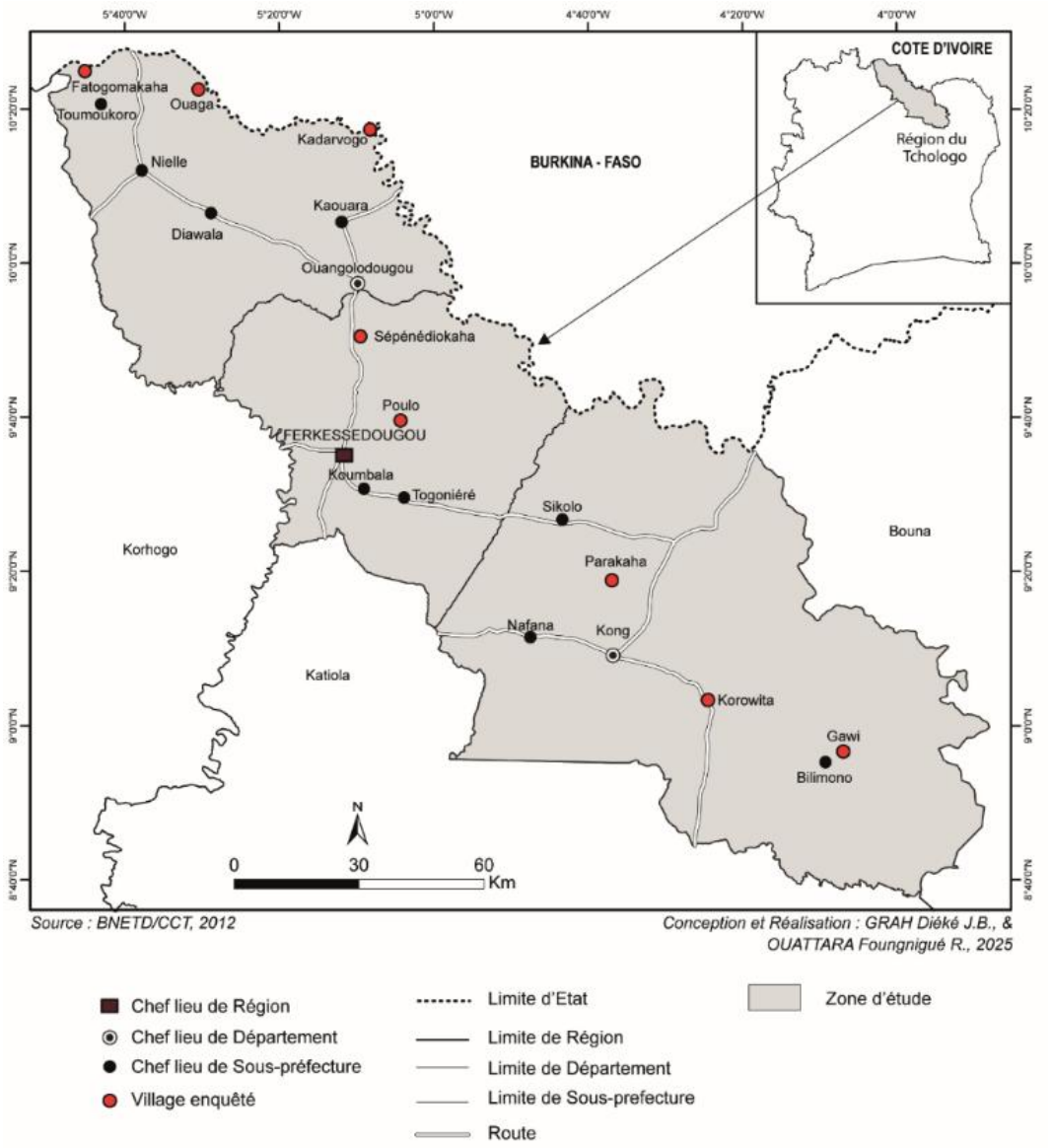


Fig. 1. Localisation des villages d'enquêtes

Les unités d'enquêtes sont constituées des agriculteurs, agro-éleveurs et éleveurs transhumants, sélectionnés par échantillonnage raisonné et par méthode de la boule de neige. Au total, 300 agriculteurs, agro-éleveurs et 62 éleveurs transhumants ont été enquêtés (tableau 1).

Tableau 1. Nombre et catégories des personnes enquêtées par village

Départements	Sous-Préfectures	Villages	Agriculteurs et Agro-éleveurs enquêtés	Transhumants enquêtés		Total enquêtés
				Sédentaires	Transfrontaliers	
Kong	Bilimono	Gawy	27	3	3	33
		Korowita	33	2	3	38
	Kong	Paraka	50	5	5	60
Ferkéssedougou	Ferké	Poulo	50	5	4	59
		Sépénédjo-kaha	41	2	3	46
Ouangolodougou	Kaoura	Kadarvogo	38	4	3	45
	Toumou-koro	Fatogoma-kaha	22	2	5	29
		Ouarga	39	5	8	52
Totaux			**300**	**28**	**34**	**362**

La collecte des données a mobilisé un guide d'entretien auprès des personnes ressources institutionnelles et professionnelles, notamment les élus locaux et les autorités administratives, les agents techniques des ministères tels que le Ministère des Ressources Animales et Halieutiques (MIRAH), le Ministère d'Etat, Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Productions Vivrières (MEMINADERPV) et les responsables des organisations d'éleveurs tel que l'Organisation Professionnelle des Eleveurs de Ferkessédougou (OPEF). D'autre part, un questionnaire structuré a été administré directement aux éleveurs transhumants et aux agro-éleveurs, considérés comme les principaux acteurs de cette recherche. La démarche a combiné entretiens individuels, discussions de groupe et observations directes, permettant d'analyser les dynamiques agropastorales et les conflits liés à la transhumance dans la région du Tchologo.

3 RÉSULTATS

3.1 TRANSHUMANCE, FACTEUR DE FRAGMENTATION DU TISSU SOCIAL ET DES LIENS INTERCOMMUNAUTAIRES

3.1.1 MÉFIANCE ET DÉTÉRIORATION DES RAPPORTS ENTRE AGRICULTEURS ET ÉLEVEURS

Dans la région du Tchologo, certains agriculteurs et éleveurs entretiennent des rapports conflictuels qui ne passent pas inaperçus, surtout en période de transhumance. Bien que des échanges subsistent ponctuellement, les tensions prennent le pas sur la coopération. La figure 2 montre la perception des agriculteurs et des éleveurs sur l'état de la cohésion sociale dans la région.

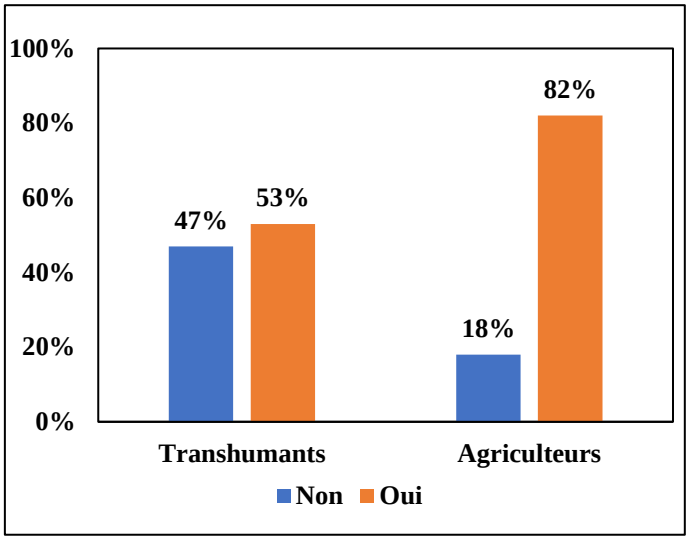


Fig. 2. Niveau de dégradation des relations agriculteurs et éleveurs

Source: Nos enquêtes, 2024

Le graphique met en évidence une dégradation marquée des relations entre agriculteurs et éleveurs dans la région du Tchologo. Une proportion très élevée d'agriculteurs interrogés (82%) estime que les relations avec les éleveurs se sont fortement détériorées, traduisant un climat durable de tensions et de méfiance. Du coté des éleveurs transhumants, plus de la moitié (53%) reconnaissent également l'existence de relations dégradées. Ce différentiel de perception révèle que les agriculteurs subissent plus directement les conséquences négatives des interactions conflictuelles, notamment à travers les dégâts causés aux cultures. Chaque année, le passage répété des troupeaux dans les zones agricoles entraine des pertes de récoltes parfois importantes, ce qui alimente un sentiment d'injustice et d'insécurité chez les producteurs. Ces dommages sont fréquemment interprétés par les agriculteurs comme résultant d'un manque de contrôle du bétail, voire d'une négligence volontaire de la part des éleveurs transhumants. Dans certaines localités, telles que Palaka, Pongorikaha, Poulo, Bilimono, Togoniéré, Sikolo et Nafafa, les relations apparaissent particulièrement tendues.

Autrefois, les relations agriculteurs - éleveurs étaient fondées sur les échanges mutuellement bénéfiques. Les agriculteurs offraient les résidus de récoltes pour le pâturage, tandis que les éleveurs fournissaient du fumier ou prêtaient leurs bœufs pour les cultures attelées. Les paysans qui ne disposaient pas de bovins et ne pouvant pas compter sur l'aide de leurs frères autochtones, louaient à bas coût les bœufs des éleveurs transhumants Peuls. Certains bénéficiaient même de prêts gratuits de bœufs pendant la période de semence, restitués après le labour. Pendant la période de transhumance, les bergers et les agriculteurs se côtoyaient presque tous les jours le long des routes, autour d'un verre de thé, sur les places des marchés ou lors des cérémonies communautaires. Cette proximité favorisait des échanges sociaux et économiques qui renforçaient la cohésion entre les deux groupes. Les transhumants avaient généralement accès aux infrastructures du village; puits, marchés, centres de santé, lieux de culte et n'hésitaient pas à quitter les

campements pour se rendre au village afin d'acheter de la nourriture, des médicaments ou satisfaire d'autres besoins essentiels. Pour leurs déplacements, il n'était pas rare que des agriculteurs les conduisaient à moto. Inversement, les bergers rendaient parfois des services en transportant des marchandises ou en guidant les troupeaux à travers les champs. Cette proximité avait donné naissance à une dynamique d'échanges mutuels.

Aujourd'hui, cette solidarité s'est effondrée. Les tensions ont durci les conditions d'accès aux animaux. Les paysans doivent désormais louer les bœufs à des tarifs élevés. Faute de moyens, ils se tournent vers des outils traditionnels comme la daba, la marchette, moins adaptés aux grandes superficies. Cette contrainte affecte directement la productivité, notamment pour les personnes âgées ou isolées.

De plus, les agriculteurs qui offraient autrefois leurs résidus de récoltes se montrent désormais réticents à toutes collaborations. Ils craignent que les éleveurs ne respectent pas les limites fixées ou ne reviennent en dehors des périodes convenues. Certains ont vu leurs champs entièrement détruits, sans recours possible car l'éleveur a pris la fuite. Les éleveurs, de leur côté, dénoncent des sanctions disproportionnées, des pièges tendus aux troupeaux, voire des actes d'empoisonnement d'animaux.

3.2 Restrictions Aux Transhumants Pour L'utilisation Des Barrages Agropastoraux Et Des Zones De Pâturages

Les tensions entre populations agricoles et éleveurs transhumants ne se limitent plus aux affrontements. Elles s'étendent désormais à l'interdiction de l'accès aux ressources naturelles, notamment les cours d'eau, les barrages et les aires de pâturages.

Plusieurs cours d'eau et barrages sont désormais interdits aux transhumants dans la région du Tchologo. Les populations locales, conscientes de la valeur stratégique de ces ressources s'organisent pour en contrôler l'accès. Dans certains villages, des comités ont été mis en place, souvent composés de jeunes ou de figures influentes qui s'érigent en propriétaires des barrages. Par exemple, les barrages de Kalaka et Yarabélé sont gérés par des comités de jeunes, tandis que ceux de Worossotiakaha et Sambakaha sont sous le contrôle d'un vieil homme respecté et craint, qui revendique la propriété exclusive de ces installations et interdit l'accès aux transhumants.

Ces interdictions sont particulièrement strictes en saison des pluies, période durant laquelle, les cours d'eau sont souvent inondés de cultures. Les transhumants sont alors interdits de circuler dans ces zones. En période de saison sèche, même lorsque l'accès n'est pas formellement interdit, les éleveurs doivent s'acquitter de lourdes taxes pour utiliser l'eau des barrages. Ces frais dissuasifs constituent une barrière économique majeure pour les éleveurs. Le graphique 3 ci-dessous montre l'ampleur des restrictions d'accès imposées aux transhumants aux barrages agropastoraux et aux zones de pâturage dans la région du Tchologo.

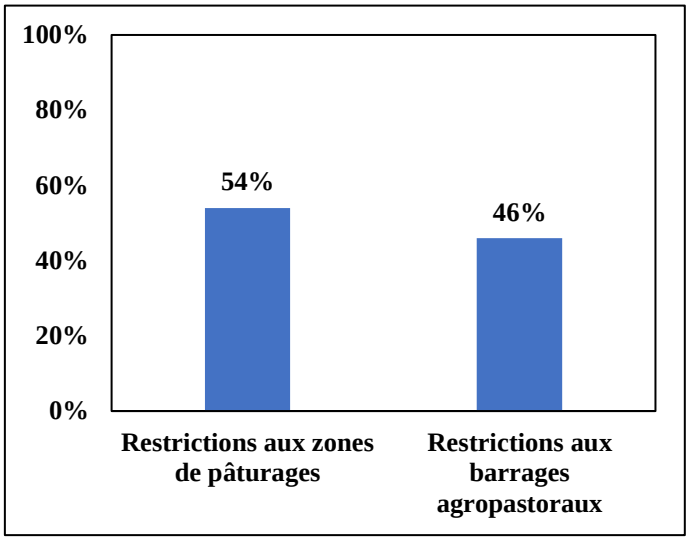


Fig. 3. Restrictions aux barrages agropastoraux et aux zones de pâturages aux transhumants

Source: Nos enquêtes, 2024

Selon les enquêtes menées, 46% des éleveurs interrogés ont affirmé avoir été interdits, à différentes périodes, d'utiliser les barrages de la région et 54% aux espaces dédiés aux pâturages. Ces restrictions alimentent des conflits fréquents entre communautés, ce qui en fait un enjeu majeur des conséquences des conflits entre agriculteurs et éleveurs.

Par ailleurs, les terrains agricoles mis en jachère, autrefois accessibles aux troupeaux pour les pâturages, sont désormais strictement gérés par les communautés. Ces espaces, considérés comme des réserves foncières sont protégés par des règles locales qui interdisent leur utilisation par les transhumants sans autorisation préalable. Les zones de l'Association de Gestion des Ressources Naturelles et de la

Faune (AGEREF) aussi, autrefois prisées par les transhumants pour leur richesse en pâturages sont devenues difficiles d'accès. Ces espaces sont de plus en plus sécurisés, contrôlés et souvent inaccessibles. Plusieurs campements ont été déguerpis de ces zones.

La restriction d'accès aux ressources naturelles dans la région du Tchologo reflète le niveau de mécontentement des populations agricoles, voire locales. Elle montre la montée des tensions entre agriculteurs et éleveurs et la volonté des communautés locales de contrôler leur environnement face aux défis posés par la transhumance. Ce climat durcit les conditions d'accueil et d'installation des éleveurs dans la région.

3.3 DURCISSEMENT DES CONDITIONS D'ACCUEIL ET D'INSTALLATION DES ÉLEVEURS

Les conflits récurrents entre agriculteurs et transhumants ont profondément compliqué les conditions d'accueil des transhumants que ce soit dans les localités d'accueil (Toumoukoro et Ouangolodougou), de transit (Ferkéssedougou et Poulo) et de repos (canton Palaka). L'installation progressive et parfois permanente des transhumants sur les terres villageoises est aujourd'hui perçue comme une atteinte aux droits du foncier local.

Certaines installations sans autorisation préalable et non concertées des espaces agropastoraux suscitent de plus en plus des tensions, notamment vis-à-vis des éleveurs Peuls dont la présence est redoutée par les populations locales en raison de la crainte d'une dépossession territoriale.

Face à cette situation, plusieurs villages refusent désormais l'installation des éleveurs. Les agriculteurs attribuent les conflits à la négligence des éleveurs qui, une fois installés, ne veillent pas sur les animaux. Cette perception renforce le durcissement des conditions d'installation temporaire.

3.4 INTENSIFICATION DES CONFLITS ET MOBILITÉ CONTRAINTE DES ÉLEVEURS

3.4.1 INTENSIFICATION DES CONFLITS ENTRE COMMUNAUTÉS AUTOCHTONES ET PEULES

Dans plusieurs localités, les relations entre communautés agricoles et éleveurs transhumants Peuls se sont considérablement détériorées ces dernières années. Cette détérioration a conduit à une intensification des conflits qui touche la population en général.

Les conflits récurrents prennent une dimension territoriale. Dans certains villages, des représailles collectives sont organisées à la suite d'un meurtre, d'un vol de bétail d'un autochtone, de destruction de cultures sans que l'auteur soit identifié. Les campements de Peuls proches sont pris pour cible par des villageois en colère, ce qui entraine encore beaucoup plus d'affrontements.

A l'inverse, les éleveurs dénoncent régulièrement des actes de violence, de séquestrations, d'exécution arbitraire d'animaux et de vols de bétail perpétrés par des agriculteurs. Ces accusations nourrissent un climat de méfiance et de vengeance réciproque.

La compétition pour l'accès aux ressources naturelles, notamment les terres cultivables, joue un rôle central dans l'intensification des conflits. Les agriculteurs, très attachés à leurs terres ancestrales, considèrent souvent les éleveurs comme des intrus. De leur côté, les éleveurs dénoncent l'extension des cultures sur les couloirs de transhumance; ce qui limite leur mobilité et leur accès aux ressources essentielles.

3.4.2 DÉPLACEMENTS FORCÉS DES ÉLEVEURS PEULS VERS D'AUTRES HORIZONS

Les conflits agropastoraux récurrents dans la région du Tchologo entraine très souvent des déplacements. En 2024, par exemple, les conflits agropastoraux ont motivé le déplacement forcé de plus de 100 éleveurs sédentaires, bouleversant les équilibres de l'espace et la mobilité pastorale. Ces mouvements ne reflètent pas d'une mobilité volontaire mais d'une contrainte imposée par la montée des tensions, les représailles anticipées ou l'envahissement progressif des couloirs de transhumance par les cultures. La figure 4 suivante avec les données de 2023 et 2024, illustre ces trajectoires de déplacement.

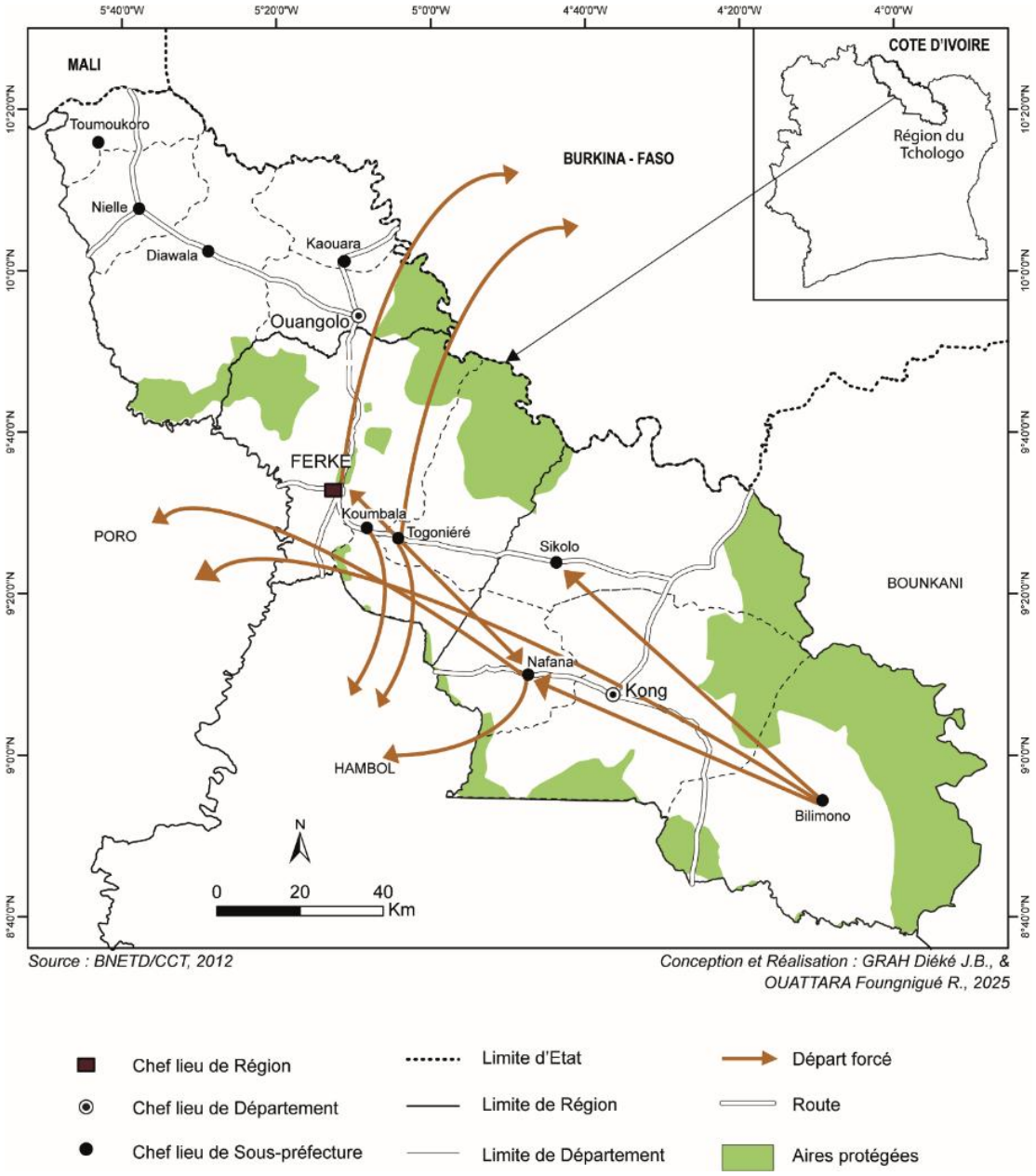


Fig. 4. Départ forcé d'éleveurs sédentaires Peuls

La carte met clairement en lumière les déguerpissements et les départs par prévention survenus dans la région de Tchologo. Les zones vers lesquelles les éleveurs sédentaires se sont réfugiés à la suite des conflits sont également identifiées. Elle illustre une dynamique de mobilité de contrainte ou les départs forcés ne se limitent pas seulement à des déplacements internes, mais s'étendent également vers d'autres régions ivoiriennes et même vers les pays voisins. On observe ainsi des mouvements d'éleveurs des villages de la Sous-Préfecture de Nafana vers la région du Hambol, de celle de Bilimono vers la région du Poro, ainsi que des départs de Koumba, Togoniéré (dans le canton Palaka) et Ferkéssedougou en direction du Burkina Faso, du Hambol ou du Poro.

Ces trajectoires révèlent que les tensions agropastorales ont atteint un niveau suffisant pour provoquer l'abandon des sites d'installation pourtant occupés de longue date par ces éleveurs sédentaires. Certains éleveurs sont directement chassés de leurs zones d'installation devenues difficiles en termes de cohabitation ou inaccessibles. Le cas du canton Palaka est particulièrement révélateur. Les conflits répétés, les représailles et les dégâts accumulés ont créé un climat d'insécurité à tel enseigne que plusieurs groupes d'éleveurs ont été contraints de quitter la zone, parfois sous pressions directe des populations locales. Ces mouvements vers des zones de repli ou des zones plus propices traduisent une réorganisation spatiale imposée. Cette situation met en évidence la gravité des conflits agriculteurs et éleveurs dans la région de Tchologo.

Au-delà de ces déplacements forcés observés, la transhumance s'accompagne d'une insécurité qui s'agrandit et se manifeste différemment selon les localités.

3.5 INSÉCURITÉ GRANDISSANTE ET MOBILISATION CONTINUE DES FORCES DE L'ORDRE

3.5.1 INSÉCURITÉ GRANDISSANTE PENDANT LA PÉRIODE DE LA TRANSHUMANCE

La Région du Tchologo connait depuis plusieurs années une situation sécuritaire préoccupante. Cette insécurité se manifeste par une recrudescence des actes de banditisme, notamment dans les zones rurales le long des frontières surtout pendant la période de transhumance.

Certains éleveurs peuls, confrontés à des pertes répétées de bétail dues aux vols, aux conflits fonciers ou aux représailles communautaires basculeraient dans les activités de coupeurs de route pour exprimer leurs mécontentements ou juste pour s'adonner aux actes de banditisme occasionnel. Cette situation, bien que minoritaire, alimente une méfiance à l'égard des transhumants dans la région.

Ce climat d'insécurité est accentué par les tensions régionales. Les crises du Mali et du Burkina Faso, pays limitrophes ont favorisé la circulation d'armes légères et la mobilité de certains transhumants quelques fois armés dans les zones frontalières de la région.

Les litiges fonciers prennent parfois une tournure dramatique. L'exemple des villages de Komou et Gawy en est une preuve évidente. Des jeunes, armés de fusils de chasse ont organisé des descentes dans les campements en abattant plusieurs animaux appartenant à des éleveurs transhumants.

Cette situation transforme le paysage rural de la région en espace de tension latente, où chaque période peut être interprétée comme une menace impactant même les mécanismes de gouvernance mis à l'épreuve.

3.5.2 MOBILISATION CONTINUE DES MINISTÈRES EN CHARGE DES SECTEURS AGROPASTORAUX ET D'AUTRES INSTITUTIONS SECTORIELLES CONCERNÉES

Les forces de l'ordre dans la région sont mobilisées de manière fréquente pendant la période de transhumance autour des dégâts et des représailles des populations. Ces incidents déclenchent l'intervention de la Gendarmerie Nationale, de la Police, des agents des Eaux et Forêts, de l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves, ainsi que des services techniques relevant des Ministères de tutelle.

Ces institutions sont régulièrement mises en alerte pour effectuer des constats de dégâts de cultures ou de représailles sur les animaux, sécuriser les biens et les personnes et tenter de résoudre les conflits. La planche photographique ci-dessous prise à Yédandjékaha illustre cette réalité.

Planche photographique: Forces de sécurité à Yédandjékaha pour une intervention en contexte à la transhumance et conflits agriculteurs et éleveurs

Source: Nos enquêtes, 2024

La planche photographique montre la présence de la Gendarmerie Nationale mobilisée dans le cadre d'un différend entre agriculteurs et éleveurs peuls, marqué par des destructions de matériels et de biens. Cette scène témoigne de la présence active et souvent réactive des forces de sécurité dans les zones rurales affectées par la transhumance.

Les services techniques des ministères agricoles, pastoraux et environnementaux sont également mobilisés en continu sur le terrain. Ils sont chargés à chaque fois d'effectuer des constats dans les zones rurales ou viennent souvent en appui aux commissions villageoises.

La transhumance devient un défi pour la sécurité des populations par les mécanismes de gouvernance souvent mis à l'épreuve.

3.6 MÉCANISMES DE GOUVERNANCE MIS À L'ÉPREUVE PAR LES CONFLITS LIÉS À LA TRANSHUMANCE

3.6.1 PRESSION CROISSANTE SUR LES INSTANCES DE MÉDIATION

Les chefs de villages, les Sous-Préfets, les Préfets, de même que les Directeurs Régionaux et les agents techniques du Ministère d'État, Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Productions Vivrières (MEMINADERPV) ainsi que du Ministère des Ressources Animales et Halieutiques (MIRAH) reçoivent quotidiennement des plaintes en particulier durant la période de transhumance. Selon le Sous-Préfet de Ouangolodougou, ce sont en moyenne deux plaintes par jour qui lui parviennent pendant ces périodes critiques. Les Chefs de villages confirment également recevoir des plaintes de manière régulière, ce qui témoigne de la persistance des tensions sur le terrain. Les entretiens menés avec plusieurs d'entre eux ont permis de dresser un tableau (Tableau 2) de plaintes enregistrées en 2024 dans la région.

Tableau 2. Nombre de plaintes déposées en 2024

Département	Localité	Nombre de plaintes déposées	Proportion (%)
Kong	Korowita	17	14
	Paraka	22	12
	Gawy	7	6
Ferkéssedougou	Poulo	12	10
	Sépénédiokaha	19	16
Ouangolodougou	Kadarvogo	15	12
	Fatogomakaha	11	16
	Ouarga	18	15
Total		**121**	100

Source: Nos enquêtes, 2024

L'analyse des plaintes déposées dans les localités des départements de Kong, de Ouangolodougou et de Ferkéssedougou met en lumière une répartition marquée des conséquences des tensions dans la région. Sur un total de 121 plaintes enregistrées, le département de Kong se distingue par une forte concentration avec 46 plaintes, soit 38% du total. La localité de Paraka est particulièrement touchée avec 22 plaintes (18%), suivie de Korowita avec 17 plaintes et Gawy (6%). Le département de Ferkéssedougou enregistre 31 plaintes, soit 26% reparties entre Sépénediokaha avec 19 plaintes (16%) et Poulo avec 12 plaintes. Le département de Ouangolodougou totalise 44 plaintes (36%) avec une répartition entre Ouarga (18 plaintes, 15%), Kadarvogo (15 plaintes, 12%) et Fatogomakaha avec 11 plaintes.

Ces données traduisent une intensité significative des tensions dans la région, principalement liés aux litiges entre agriculteurs et éleveurs, aux vols de bétails, aux destructions de cultures, aux représailles et à l'insatisfaction des victimes concernant les amendes.

Du côté des Directeurs Régionaux du Ministère d'État, Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Productions Vivrières (MEMINADERPV) ainsi que du Ministère des Ressources Animales et Halieutiques (MIRAH), les plaintes sont plus rares car certaines procédures de dédommagement prennent du temps. Toutefois, les agents techniques sont régulièrement déployés sur le terrain pour constater les dégâts causés quand une plainte leur parvient. En revanche, lorsque les conflits prennent une tournure grave les plaintes sont transmises aux forces de l'ordre, à la justice. Dans des cas extrêmes, les procédures peuvent aboutir à des arrestations ou à des peines d'emprisonnement illustrant la gravité que peuvent atteindre certains différends non résolus à temps.

3.6.2 CONFLITS EN ATTENTE DE RÈGLEMENT ET PERTE DE LÉGITIMITÉ DES AUTORITÉS COUTUMIÈRES ET ADMINISTRATIVES

Plusieurs conflits sont encore en attente de règlement par les commissions villageoises de Conciliation comme le montre clairement le tableau 3.

Tableau 3. Nombre de plaintes en attente

Département	Localité	Nombre de plaintes déposées	Nombre de plaintes en attente de résolutions	Proportion (%)
Kong	Korowita	17	7	41
	Paraka	22	10	45
	Gawy	7	3	43
Ferkéssedougou	Poulo	12	8	67
	Sépénédiokaha	19	9	47
Ouangolodougou	Kadarvogo	15	9	60
	Fatogomakaha	11	5	45
	Ouarga	18	9	50
Total		**121**	**60**	50

Source: Nos enquêtes, 2024

Ce tableau révèle que sur les 121 plaintes déposées auprès des comités, 60 n'ont pas encore été traitées ni résolues, soit 50% du total. Ce taux de plainte en attente non résolu traduit une difficulté dans la résolution des conflits locaux, notamment dans les zones où les mécanismes de conciliation sont souvent mal structurés et mal organisés.

Certaines localités affichent des taux particulièrement préoccupants comme Poulo (67%) dans le département de Ferkéssedougou et Kadarvogo (60%) dans celui de Ouangolodougou. Ces chiffres traduisent une insuffisance de réponses locales. Pour les protagonistes, cette lenteur engendre une attente prolongée et une incertitude pesante tandis que pour les commissions, elle affaiblit leur légitimité et leur capacité à répondre efficacement aux conflits.

Ces conflits non réglés ou lents dans le processus de règlement entravent la légitimité des commissions rurales de règlements de conflits. Le manque de confiance s'installe et les autorités perdent en légitimité. Souvent ils prennent parti, ce qui entrave les règlements. La capacité de résolution des comités est perceptible dans le graphique suivant.

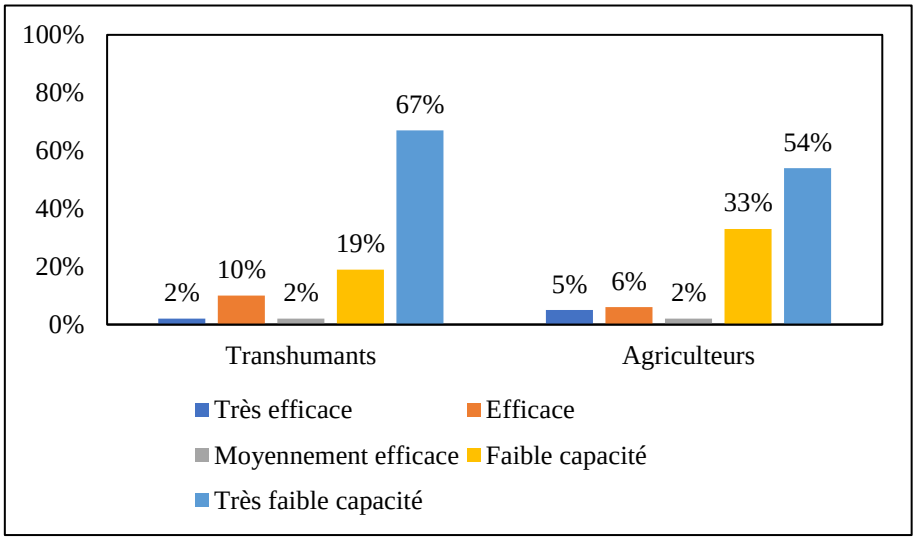


Fig. 5. Capacité de résolution des conflits en fonction des enquêtés

Source: Nos enquêtes, 2024

L'analyse des données montre une profonde crise de légitimité des commissions villageoises de règlement de conflits, perçue comme largement inefficace par les transhumants et agriculteurs. Les résultats montrent que seuls 2% des transhumants et 5% des agriculteurs jugent ces commissions très efficaces tandis que 67% et 54% respectivement les considèrent comme ayant une très faible capacité. En agrégeant les niveaux d'appréciation faible et très faible, 86% des transhumants et 87% des agriculteurs considèrent les capacités de résolution des conflits des commissions villageoises de très négatives.

Cette perception montre que les commissions apparaissent comme des structures peu fonctionnelles, incapables de répondre aux attentes des populations victimes de dégâts. L'absence de mécanismes crédibles de résolution des conflits contribue à l'instabilité des territoires locaux et à la fragmentation des espaces de mobilité pastorale. En effet, 44% des agriculteurs peinent à reconnaitre le pouvoir

décisionnel des comités de règlement des conflits. Cette situation affecte profondément la gouvernance locale et fragilise les dispositifs institutionnels de résolution des conflits. Face à l'inefficacité ou à l'absence de mécanismes formels, de nombreux acteurs en viennent à se rendre justice eux-mêmes. Souvent, l'impartialité des comités constitue l'une des causes de la lenteur des règlements des conflits.

3.6.3 INSUFFISANCE DANS LA NEUTRALITÉ DES INSTANCES DE MÉDIATION

Dans plusieurs localités telles que Paraka, Ouarga, Kadarvogo, Fatogomakaha, 72% des agriculteurs et 56% des éleveurs dénoncent une absence de neutralité de certains membres des comités de règlement des conflits agropastoraux comme le montre le graphique ci-dessous.

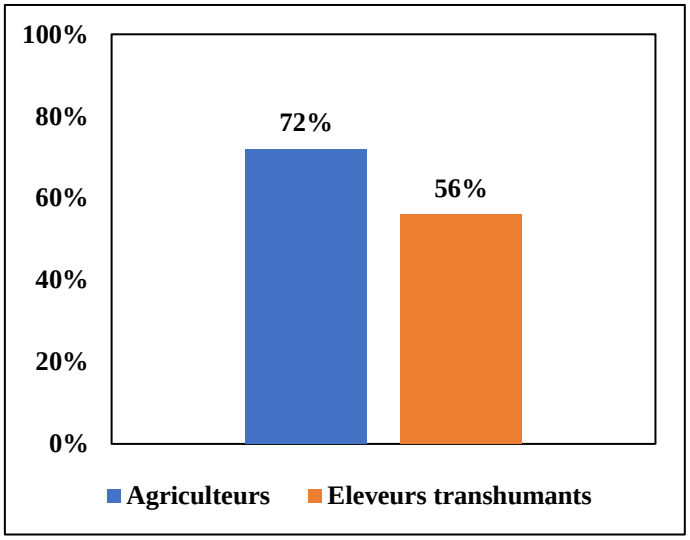


Fig. 6. Perception des acteurs sur l'absence de neutralité des membres des comités de règlement des conflits agropastoraux

Source: Nos enquêtes, 2024

Cette absence de neutralité compromet la crédibilité des mécanismes de règlement des conflits. Lors des procédures de règlement, il est fréquent que les bœufs responsables de dégâts soient conduits par des Peuls mais appartiennent en réalité à des élus locaux, des cadres régionaux ou même des chefs de village. Lorsque ces liens sont évoqués, les dommages ne sont pas indemnisés de manière équitable. Les commissions par complaisance, minimisent les faits ou imposent des montants forfaitaires dérisoires. A Paraka, un agriculteur affirme avoir perdu ses cultures sans aucune compensation; les animaux responsables appartenaient à un élu local.

Des témoignages recueillis dans les villages enquêtés révèlent que les décisions sont parfois prises en l'absence de la victime, dans le but de cacher l'identité réelle du propriétaire du bétail. Des agents des Eaux et Forêts sont également cités parmi les personnes accusées de prendre parti dans le traitement des litiges.

Les structures d'encadrement dans la région subissent également les répercussions des conflits agropastoraux liées à la transhumance.

3.6.4 IMPACT DES CONFLITS AGROPASTORAUX SUR LE FONCTIONNEMENT DES STRUCTURES D'APPUI RURAL

La recrudescence des conflits entre agriculteurs et éleveurs dans les localités a profondément perturbé le fonctionnement des structures d'encadrement. Ces tensions entravent les missions des institutions techniques comme l'Agence Nationale d'Appui au Développement Rural (ANADER). Leurs interventions auprès de certains producteurs sont désormais limitées, entravées par l'insécurité et les tensions croissantes.

Dans plusieurs localités enquêtées, notamment à Paraka, certains producteurs de coton ont déclaré ne plus bénéficier du soutien technique et matériel de la part d'Ivoire Coton. Cette situation découle directement des dommages causés par les animaux des éleveurs peuls sur les cultures de coton, mais aussi des conflits ouverts qui en résultent. Les intrusions répétées dans les champs, les dégâts et l'incapacité des institutions à régler les conflits ont conduit à une rupture de collaboration entre producteurs et structures techniques et d'appui.

Face à l'insécurité persistante et aux tensions croissantes, certaines structures d'appui se sont progressivement désengagées de leurs responsabilités. Ce retrait est également observé au niveau des coopératives agricoles, qui, faute de garanties sécuritaires et de soutien

institutionnel, ne parviennent plus à mobiliser les ressources nécessaires pour accompagner leurs membres. Certains projets structurants, initialement prévus pour renforcer les capacités des producteurs, n'ont pas vu le jour ou ont été suspendus. Ce désengagement a des conséquences directes sur les populations locales.

4 DISCUSSION

Dans la région du Tchologo, les relations entre agriculteurs et éleveurs transhumants ont connu une évolution marquée, passant d'une coexistence fondée sur la complémentarité à une conflictualité structurelle. Comme constaté par Thébaud [12] dans son étude au Sénégal, en Mauritanie, au Mali, au Burkina Faso et au Niger, durant les premières phases de la transhumance, les relations entre agriculteurs et éleveurs transhumants reposaient sur des arrangements locaux autour du partage des ressources naturelles, de la fertilisation des sols par les bétails et d'une relative tolérance sociale. Toutefois, à partir des années 2000, cette dynamique s'est progressivement dégradée. Les résultats de l'étude montrent que cette dégradation s'explique par plusieurs facteurs interdépendants. Ces facteurs sont entre autres, les dégâts de cultures causés par le bétail, l'intensification de la pression sur les terres, les pâturages et les ressources en eau, ainsi que les pertes animales subies par les éleveurs. Ainsi, 82% des agriculteurs estiment que leurs relations avec les éleveurs se sont détériorées, contre 53% des transhumants partageant cette perception. Selon [7], ces tensions reposent sur une double fracture: une fracture relationnelle, caractérisée par la rupture du dialogue et la méfiance, et une fracture foncière liée à la compétition accrue pour l'accès à la terre. Cette situation se traduit par un durcissement des conditions d'accueil des transhumants et par des restrictions d'accès aux ressources hydrauliques. Les données de terrain indiquent que 46% des éleveurs ont été, à différentes périodes, empêchés d'utiliser certains barrages, notamment ceux de Kalaka, Yarabélé, Worossotiakaha, Sambakaha et 54% aux zones de pâturages. [15] soulignent que 78,95% des conflits liés aux infrastructures hydrauliques sont dus à des litiges d'usage, confirmant le rôle de l'eau dans la conflictualité agropastorale. La compétition pour l'accès aux terres cultivables constitue un facteur structurant de l'intensification des conflits. Les agriculteurs, attachés à leurs terroirs ancestraux, perçoivent souvent les éleveurs comme des acteurs extérieurs, tandis que ces derniers dénoncent l'extension des cultures sur les couloirs de transhumance, réduisant leur mobilité pastorale. Cette recomposition spatiale se traduit par des déplacements forcés d'éleveurs vers d'autres régions. En 2024, les conflits agropastoraux ont entrainé le déplacement forcé de plus de 100 éleveurs peuls dans la région du Tchologo. [7] affirme que l'insécurité constitue un déterminant majeur des mobilités pastorales contraintes. L'insécurité croissante favorise également des dérives sociales, notamment l'émergence de forme de banditisme rural. L'étude a montré que dans certaines localités, des attaques contre des campements pastoraux et des vols de bétail ont été enregistrés, rendant certains axes impraticables en période de transhumance. Ce phénomène est renforcé par des tensions régionales. Les crises sécuritaires au Mali et au Burkina Faso ont facilité la circulation d'armes légères dans les zones frontalières de la Région du Tchologo, accentuant l'insécurité locale. [13] montrent que des dynamiques similaires sont observées au Tchad, ou la prolifération des armes a contribué à l'intensification des violences rurales.

L'ampleur des conflits se reflète dans le nombre élevé de plaintes enregistrées. En 2024, le département de Kong a enregistré 38% de plaintes, celui de Ouangolodougou 36% et le département de Ferkéssedougou a enregistré 26% de plaintes liées aux conflits. Toutefois, plus de 50% de ces plaintes n'ont pas été traitées. Cette situation est comparable à celle observée dans la région du Bounkani, ou 43,36% des plaintes restent sans suite [2]. Ces dysfonctionnements institutionnels fragilisent la gouvernance locale et la légitimité des commissions de règlements des conflits. Le manque de neutralité, les jeux d'acteurs partisans et la lenteur des procédures contribuent à un climat de méfiance généralisée. Selon cette étude, 86% des éleveurs et 87% des agriculteurs jugent négativement les capacités des commissions villageoises. Face à cette inefficacité, le recours à l'auto-justice tend à se renforcer, accentuant l'escalade des violences. [3] identifie l'absence de neutralité et la corruption au sein de certains comités comme des facteurs majeurs de l'intensification des conflits en milieu rural et ceux, pendant la transhumance. Enfin, la [5] souligne que l'aggravation de l'insécurité liée aux conflits autour des ressources naturelles durant la période de transhumance affecte durablement la gouvernance locale et les dynamiques sociopolitiques, révélant la profondeur des enjeux agropastoraux.

5 CONCLUSION

La transhumance et les conflits qu'elle génère exercent une influence profonde sur les relations entre agriculteurs, éleveurs et population locales dans la région du Tchologo. Des rapports autrefois fondés sur la complémentarité et la cohabitation se sont progressivement dégradés sous l'effet de l'intensification des tensions agropastorales, en période de transhumance, conduisant dans certaines localités, notamment dans le canton Palaka, au départ forcé d'éleveurs à la suite de représailles liées aux dégâts de cultures. Cette dynamique a entrainé une restriction croissante de l'accès aux ressources naturelles pour les transhumants, marquée par des interdictions d'installation et une réduction significative des possibilités de pâturages et d'abreuvement. Chaque année, ces tensions s'aggravent et alimentent un cycle de violence qui dépasse la période de transhumance pour affecter durablement l'ensemble de l'année. Ce climat d'insécurité est renforcé par la faible capacité des institutions locales à assurer une régulation efficace des conflits, près de 50% des différends restant non résolus. Ce déficit de gouvernance fragilise la crédibilité des instances locales, comme en témoigne le jugement négatif porté par 87% des agriculteurs et 86% des éleveurs sur les capacités des commissions villageoises des règlements de conflits. Par ailleurs, ces conflits perturbent le fonctionnement des structures d'encadrement rural, dont le désengagement progressif accroit la vulnérabilité des producteurs et compromet la mise en œuvre des projets structurants.

REFERENCES

[1] A. S. AFFESSI et F. G. GACHA, « Les déterminants de la récurrence des conflits entre agriculteurs d'ethnie Baoulé et éleveurs Peulhs dans la région du Gbêkê (Côte d'Ivoire)«, *Agronomie Africaine,* vol. 27, n° 3, pp. 315–324, 2016.

[2] L. BAMBA, K. I. KONAN et D. M. TRAORÉ, « Conflits agropastoraux en Côte d'Ivoire (cas de Bouna) », *Revue Internationale des Sciences de Gestion,* vol. 5, n° 2, pp. 875–90, 2022.

[3] H. COULIBALY, Approche psychosociologique des conflits agriculteurs éleveurs dans la région du Hambol, Thèse de Doctorat unique, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB), École Doctorale Polytechnique, Yamoussoukro, 248 p, 2022.

[4] M. DIARRASSOUBA, « L'utilisation des drones civils dans la prévention des conflits entre éleveurs transhumants et agriculteurs dans la région du «Poro» au nord de la Côte d'Ivoire«, *Communication, technologies et développement,* n° 18, Chaire UNESCO Pratiques émergentes en technologies et communication pour le développement, pp. 1-19, 2025.

[5] FAO - Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, *Burkina Faso «* Analyse des conflits liés à l'exploitation des ressources naturelles*«, Note de synthèse,* Rome, 16 p, 2021.

[6] S. Y. Koffi et Z. M. Ouattara, « L'élevage bovin: une stratégie d'épargne pour les producteurs de coton de la Sous-préfecture de Niellé, Nord de la Côte d'Ivoire«, *Annales de l'Université de Sarh,* Série A: Lettres, Arts et Sciences Humaines, n° 3, décembre 2020, Université de Sarh (Tchad), pp. 30-50, 2020.

[7] A. K. Komi, « Des conflits violents entre des agriculteurs et des éleveurs africains: de l' (in) hospitalité de et pour ce (ux) qui dérange (nt)«, *Revue de l'Institut de Sociologie,* n° 88, pp. 75–96, 2018.

[8] S. KRÄTLI et C. TOULMIN, *«* Conflit entre agriculteurs et éleveurs en Afrique subsaharienne ? *»* Londres: International Institute for Environment and Development (IIED), 103 p, 2020.

[9] K. A. Lally, « Prévention et gestion de conflit entre autochtones et étrangers dans le foncier rural ivoirien: Koffi Akakro et Mahounou, deux cas de figure à apprécier », *Atelier de réflexion: Migrations et enjeux fonciers en Côte d'Ivoire,* UPGC de Korhogo, 15–16 décembre 2016, 23 p. 2016.

[10] L. Tanguy, « Le développement agricole et pastoral du Nord de la Côte-d'Ivoire: problèmes de coexistence », *Les Cahiers d'Outre-Mer,* nos 226-227, avril–septembre 2004, pp. 259–288, 2004.

[11] P. SOUGNABÉ, « Conflits entre agriculteurs et éleveurs dans la zone soudanienne du Tchad: Une étude comparée entre deux régions: le Moyen-Chari et le Mayo-Kebbi«, in: *Organisation spatiale et gestion des ressources et des territoires ruraux. Actes du colloque international, 25-27 février 2003, Montpellier,* UMR SAGERT / CNEARC, Montpellier, (section Actes & colloques), p. 1-14, 2003.

[12] B. THÉBAUD, « Résiliences pastorales et agropastorales au Sahel: portraits de la transhumance 2014–2015 et 2015–2016 (Sénégal, Mauritanie, Mali, Burkina Faso, Niger) », *Version abrégée,* Dakar: Nordic Consulting Group / ISRA-BAM / CIRAD, 50 p. 2017.

[13] L. USONGO et B. MOUSSA, « Dynamique et impacts de la transhumance et du néo pastoralisme sur la biodiversité, les communautés locales et la sécurité: Bassin du Congo », rapport technique, German Facilitation to the Congo Basin Forest Partnership (CBFP), appui du BMZ et de la GIZ, 92 p. 2021.

[14] T. K. M. VODOUNNON, « Analyse des échelles locales de régulation des conflits transfrontaliers entre éleveurs transhumants et producteurs agricoles dans la commune de Karimama«, *Revue Nigérienne des Sciences Sociales (RENISS),* n° 003, janvier 2022, Université Abdou Moumouni de Niamey, pp. 313-328, 2022.

[15] M. N. K. Yoman, R. K. Oura et A. Djako, « Conflits d'usage des petits barrages pastoraux à Ferkessédougou, Nord de la Côte d'Ivoire: la difficile sédentarisation des éleveurs Peuls », *European Scientific Journal,* vol. 12, n° 29, pp. 337-350, 2016.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 927-941
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Extraction et Caractérisation des Huiles dans les Muscles de Poissons *Schilbe grenfelli* Linné, 1758 (*Siluriformes, Schilbeidae*) Pêchés dans le Pool Malebo (Fleuve Congo), Kinshasa (RD Congo)

[Extraction and Characterization of Oils in the Muscles of *Schilbe grenfelli* Linné, 1758 (*Siluriformes, Schilbeidae*) Fish Caught in the Malebo Pool (Congo River), Kinshasa (DR Congo)]

Willy Lusasi Swana[1-2], Juvénal Lupangu Munongo[2], Jean Lusasi[3-4], Jeancy Mvindu Kidimbu[2], Santos Kavumbu Mutanda[1-2], Jeff Nakweti Kukatula[1-2], Ready Konda Kumbuta[2], and Victor Pwema Kiamfu[1-2]

[1]Laboratoire de Limnologie, Hydrobiologie et Aquaculture, Mention Sciences de la Vie, Faculté des Sciences et Technologies, Université de Kinshasa (UNIKIN), B.P 190 Kinshasa XI, RD Congo

[2]Mention Sciences de la Vie, Faculté des Sciences et Technologies, Université de Kinshasa (UNIKIN), B.P 190 Kinshasa XI, RD Congo

[3]Mention Gestion des Ressources Naturelles, Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement, Université de Kinshasa, B.P 117 Kinshasa XI, RD Congo

[4]Section des Technologies et Sciences, Mention Biologie - Chimie, Institut Supérieur Pédagogique de Muanda, Kongo Central, RD Congo

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

ABSTRACT: Fish oils contain polyunsaturated fatty acids that are considered essential for preventing several diseases, some of which have neurological effects that promote growth in children. The overall objective of this study is to extract and characterize the oils in the fresh muscles of *Schilbe grenfelli* Linné, 1758 fish caught in the Malebo Pool (Congo River) in the Democratic Republic of Congo in order to highlight the nutritional value of the oils present in the muscles of this fish. The oils were extracted using the Soxhlet method and then characterized by thin-layer chromatography. The results obtained show that the muscles of *S. grenfelli* fish contain essential oils rich in polyunsaturated fatty acids of the omega-3 and 6 group, which allow this fish to be classified as fatty based on the average yield (46.62±2.1%) of oil extracted from its muscles. Analysis of the samples using thin-layer chromatography shows frontal ratios slightly higher than that of synthetic omega tri (0.80 cm). The results obtained show that the fresh muscles of *Schilbe grenfelli* fish are likely to offer good quality oils that are medically and nutritionally important for the Congolese population. Consumption of this fish meat is likely to contribute to the fight against cardiovascular disease and malnutrition, given the quality of these oils.

KEYWORDS: *Schilbe grenfelli,* fat, nutrition, food, Kinshasa, Democratic Republic of Congo.

RESUME: Les huiles des poissons contiennent des acides gras polyinsaturés considérés comme essentiels pour prévenir plusieurs maladies et dont certains ont des effets neurologiques favorables à la croissance des enfants. Cette étude a pour objectif général d'extraire et de caractériser les huiles dans les muscles frais de poisson *Schilbe grenfelli* Linné, 1758 pêchés dans le Pool Malebo (Fleuve Congo) en République Démocratique du Congo dans le but de mettre en évidence la valeur nutritionnelle des huiles présentes dans les muscles de ce poisson. L'extraction des huiles a été effectuée par la méthode de Soxhlet suivant ses principes puis caractériser par la chromatographie sur couche mince. Les résultats obtenus montrent que les muscles de poisson *S. grenfelli* contiennent des huiles essentielles riches en acides gras polyinsaturés du groupe d'oméga-3 et 6 qui permettent de classer ce poisson comme étant gras sur base du rendement moyen (46,62±2,1%) d'huile extraite dans ses muscles. Les analyses des échantillons avec la chromatographie sur la couche mince font observer des rapports frontaux légèrement supérieurs à celui du tri oméga (0,80 cm) synthétique. Les résultats

obtenus montrent que les muscles frais du poisson *Schilbe grenfelli* sont susceptibles d'offrir des bonnes qualités des huiles ayant une importance médicale et nutritionnelle pour la population congolaise. La consommation de la chaire de ce poisson est susceptible de contribuer à la lutte contre les maladies cardio-vasculaires et la malnutrition partant de la qualité de ces huiles.

MOTS-CLEFS: *Schilbe grenfelli,* matière grasse, nutrition, alimentation, Kinshasa, RD Congo.

1 INTRODUCTION

Les poissons constituent une source importante de protéines et des lipides animales naturelles de bonne qualité nutritionnelles [1], [2]. Plusieurs de ces huiles sont connues pour leurs vertus thérapeutiques depuis le moyen-âge [3]. Les études scientifiques ont démontré l'effet cardio-protecteur de l'huile de poisson, grâce notamment à son action sur les triglycérides, la consommation d'huiles des poissons améliore la santé du cœur et contribue au bon fonctionnement du système cardiaque. Riche en acides gras oméga-3, l'huile de poisson aide à traité différents problèmes de santé [4].

Le plus souvent disponible sous forme de gélule, elle a été l'objet de nombreuses études. Dans l'alimentation humaines certaines acides gras tels que les acides linoléiques sont considérés comme essentiels, c'est pour cela les huiles des poissons contiennent d'autres acides gras polyinsaturés (essentiels) pour provenir les maladies de peau comme les acides linoléique et arachidonique [5]. Ces études ont été largement effectuées chez les poissons marins des écosystèmes aquatiques des pays développés (américain et européenne) et ont révélé l'implication des AGP-LC dans la régulation du métabolisme et la prévention de certaines pathologies [6].

Le bassin du Congo est doté d'un réseau hydrographique immense et d'une diversité ichtyologique importante, marquée par de nombreuse sous formes endémiques [7]. Cette richesse ichtyologique est considérée comme un don précieux de la nature à la population locale à cause du rôle alimentaire et économique de certaines espèces [8]. Les poissons *Schilbeidae* constituent l'une des familles des poissons-chats Africains les plus exploitées dans le Pool Malebo (Fleuve Congo) [7]. Ces poissons peuvent atteindre plus de 350 mm de longueur standard [9] et présentent une large distribution en Afrique [10]. Cependant, l'espèce *Schilbe grenfelli* Linné, 1758 fait l'objet de beaucoup des captures commerciales dans plusieurs cours d'eaux de la République Démocratique du Congo en général et plus particulièrement aux différentes stations de pêche du Pool Malebo (Fleuve Congo) [7]; l'espèce est vendue dans certains marchés de la ville de Kinshasa [11] sous plusieurs formes: frais, séchés et fumés [12] et, elle est appréciée par la population kinoise [12], [13].

Par contre, peu d'informations sont disponibles sur les vertus nutritionnelles des huiles de cette espèce, *Schilbe grenfelli* Linné, 1758. Les préoccupations majeures de cette recherche sont celles de savoir si: (1) les muscles frais du poisson *S. grenfelli* contiennent des huiles de bonne qualité nutritionnelle, capables de contribuer à la lutte contre les maladies cardio-vasculaires et la malnutrition au pays ? et (2) la quantité et la qualité des huiles sont dépendantes de la taille de poisson selon le stade de croissance ? Pour combler ce vide, cette étude est consacrée à l'extraction et caractérisation des huiles dans les muscles frais de poisson *Schilbe grenfelli* Linné, 1758 pêchés dans le Pool Malebo (Fleuve Congo) en République Démocratique du Congo compte tenu du rôle que jouent les poissons dans l'alimentation humaine.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 CADRE D'ÉTUDE

Les analyses ont été menées dans deux laboratoires de l'Université de Kinshasa notamment: le Laboratoire de Limnologie, Hydrobiologie et Aquaculture (LLHA) de la Mention Sciences de la Vie de la Faculté des Sciences et Technologies qui a servi de cadre pour les manipulations concernant l'identification systématique des spécimens de *Schilbe grenfelli* Linné, 1758, les mensurations de poissons ainsi que les analyses de l'humidité résiduelle dans les muscles frais de poissons. Par contre, l'analyse de la cendre totale, l'extraction et la caractérisation des huiles extraites dans les muscles de poissons ont été effectuées au Laboratoire de Chimie Générale de la Faculté de Polytechnique.

2.2 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Les spécimens de poissons *Schilbe grenfelli* Linné, 1758 (figure 1) constituent le matériel biologique de cette étude. A cela s'ajoute les pilules des huiles synthétiques de poissons vendues dans les pharmacies, le tri oméga qui a été utilisé comme échantillon témoin.

Fig. 1. Spécimen de poisson Schilbe grenfelli Linné, 1758 étudié (©Lusasi S.W., 2021)

2.3 MÉTHODOLOGIE

2.3.1 ECHANTILLONNAGE BIOLOGIQUE

L'échantillonnage de spécimens de poissons *Schilbe grenfelli* a été effectué durant une période de six mois entre le mois de Février et Juin 2021. Les poissons ont été obtenus par des achats auprès de pêcheurs et mareyeuses qui exploitent les poissons à la station de pêche de Kinkole pêcheur dans le Pool Malebo (Fleuve Congo) (figure 2). Les poissons ont été capturés au moyen des pêches artisanales à l'aide des filets maillants dormants de 50 à 100 m de long et 2,5 m de hauteur (des mailles comprises entre 8 et 50 mm) et des épuisettes à mailles fines de 0.5 à 2 mm. La station se situe dans la commune de la N'sele au quartier Kinkole pêcheur dans la ville province de Kinshasa en République Démocratique du Congo.

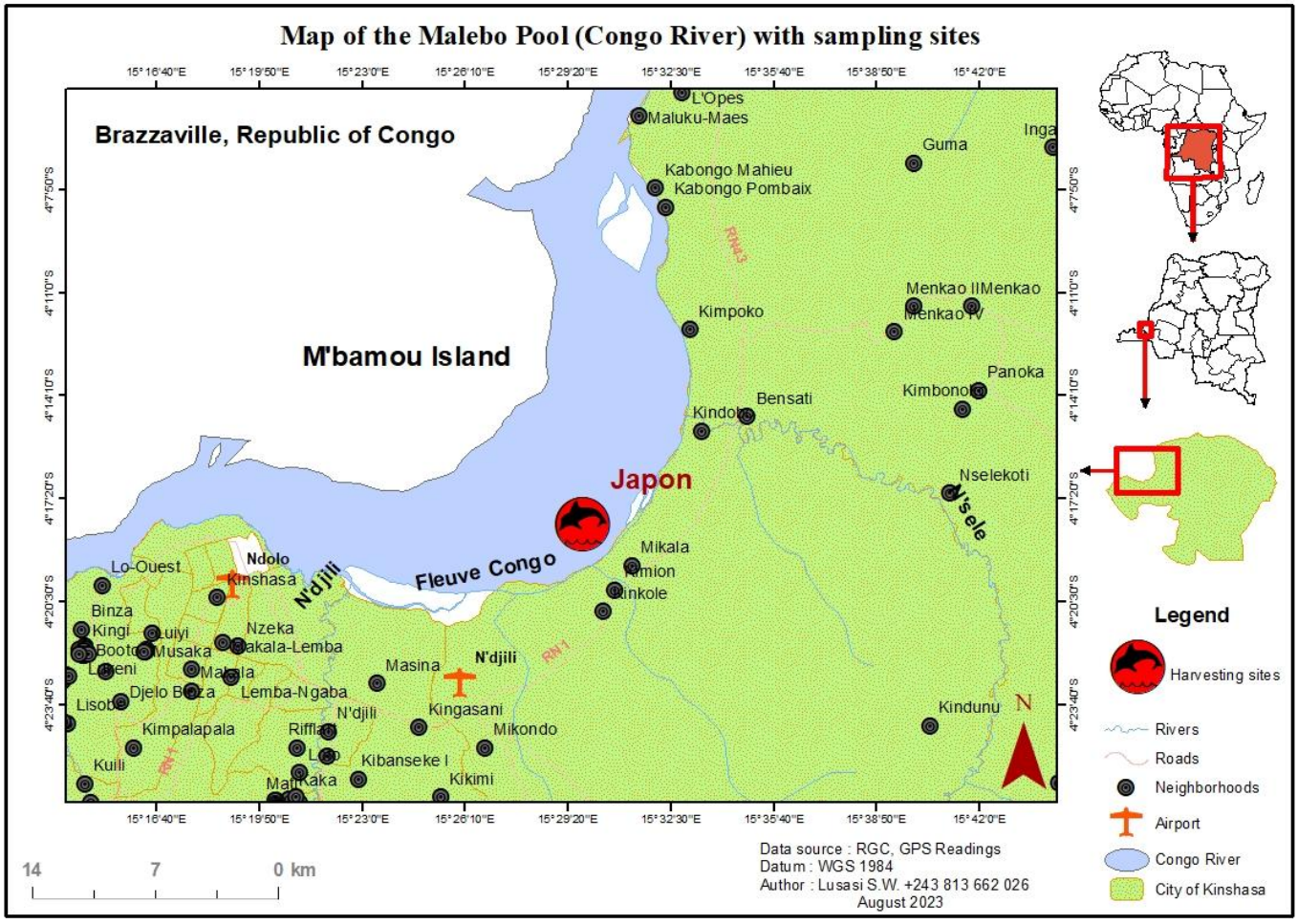


Fig. 2. Cartographie du Pool Malebo (Fleuve Congo) reprenant le site de capture des spécimens de poisons Schilbe grenfelli expérimentés

Le Pool Malebo est un lac formé par le Fleuve Congo et ses cours moyen, alimenter par d'importants cours d'eau permanents (les rivières: N'djili, Kalamu, N'sele et Bitshaku-Tshaku). Il est formé d'un élargissement du fleuve Congo à 35 km de long et de 25 km de large [7]. Sa superficie est de 500 km^2 et il est situé entre la R.D.C (ville province de Kinshasa) et la République du Congo (préfecture de Brazzaville) [14]. Le Pool est situé à 4° 5' à 4° 20' Sud et de 15° 19' à 15° 30' Est et à une altitude de 275m. Il occupe le fond d'une cuvette entourée de collines dépassant souvent 500 m [15].

D'après la classification de Köppen, le Pool Malebo connaît un climat tropical du type AW_4, c'est-à-dire climat tropical humide (A) caractérisé par une période sèche (W) de 4 mois. Ayant une pluviosité moyenne annuelle de 1400 mm, la température moyenne annuelle de l'eau est de 24,6 °C [14], [16].

2.3.2 CONSERVATION DES SPÉCIMENS DE POISSONS

Les spécimens de poissons ainsi achetés ont été acheminés au Laboratoire de Limnologie, Hydrobiologie et Aquaculture et conservés au froid à une température de moins 4°C avant les manipulations appropriées des échantillons.

2.3.3 MANIPULATION DES POISSONS AU LABORATOIRE

La longueur totale des spécimens de poissons a été prélevée à l'aide d'un pied à coulisse électronique à 0,1 mm près. Ensuite les poissons ont été identifiés à l'aide de clés d'identification systématique proposées par [9], [17], [18] complétés par la classification actuelle selon Fish Base [19] avant d'être classés en lots de tailles en fonction de leur longueur totale (Lt).

Les classes de tailles de poissons ont été définis sur la base de la règle de Sturge selon la formule suivante: NC = 1+ (3.3 log N) où: NC = nombre de classe et N = nombre total d'individus pour l'échantillon considéré. L'intervalle entre les classes (IC) a été déterminé par le rapport suivant [20], [14]: IC = Tmax-Tmin/N.C d'où: Tmax en mm exprime la taille maximale et Tmin traduit la taille minimale en mm.

Les poissons ont été ensuite coupés en morceaux de moins d'un gramme à l'aide d'un couteau puis gardés dans des petits bocaux en plastiques avant de subir les analyses physiques et biochimiques au Laboratoire de Chimie Générale.

2.3.4 ANALYSES BROMATOLOGIQUES DES MUSCLES DES POISSONS

L'extraction et caractérisation des huiles dans les muscles de poissons *Schilbe grenfelli* a été effectué sur les échantillons de poissons de la première et la cinquième classe de tailles.

2.3.4.1 HUMIDITÉ

Pour déterminer la teneur en eau résiduelle, trente (30) grammes de muscles de poissons ont été analysés à 105°C pendant 24 heures en triplicata dans une étuve de marque Memmert. La teneur en eau résiduelle est obtenue par la formule mathématique suivant [20]: H (%) = Mef – Mes/Mef ×100. Mef exprime la masse de l'échantillon frais en gramme et Mes est la masse de l'échantillon sec en gramme.

2.3.4.2 CENDRE TOTALE

La cendre totale a été analysé avec trente (30) grammes des muscles de poissons en en trois essais pour chaque lot à 550°C pendant 6 heures dans un four à moufle de marque Memmert. La teneur est obtenue par application de la formule ci-après: T (%) = Mri/Mi ×100 ou; T (%) exprime la cendre totale, Mri en gramme est la masse restante après incinération et Mi en gramme est la masse initiale [20].

2.3.5 EXTRACTION ET CARACTÉRISATION DES HUILES

2.3.5.1 ETUVAGE DES MUSCLES DE POISSONS

Avant l'extraction de la matière grasse, les muscles de classes de tailles de poissons Schilbe *grenfelli* concernées pour l'extraction et caractérisation ont été étuvés pendant 48 heures à une température de 50°C dans une étuve de marque Memmert afin de diminuer la teneur en eau résiduelle.

L'extraction des huiles a été réalisée par la méthode de Soxhlet [21] suivant ses principes. C'est une technique d'extraction de la matière grasse basée sur l'utilisation d'un solvant organique pour soutirer les lipides polaires et apolaires des différentes parties d'un matériel animal ou végétal [20].

2.3.5.2 PRINCIPE DE SOXHLET

Le système se compose d'un corps en verre dans lequel est positionnée une cartouche en papier-filtre épais, d'un tube siphon et d'un tube d'adduction. Dans le montage, l'extracteur est positionné sur un ballon contenant le solvant d'extraction. Dans l'extracteur est insérée une cartouche en cellulose dans laquelle est positionnée la chair de l'espèce à extraire; puis un réfrigérant (marque Witeg) est adapté au-dessus de l'extracteur [20].

Un chauffe-ballon (marque Heidolph) avec agitation magnétique intégrée est mise en marche afin d'éviter des coups d'ébullition qui provoquent une remontée du liquide contenu dans le ballon et non de vapeurs de solvant pures [22], [23].

Lorsque le ballon est chauffé, les vapeurs de solvant passent par le tube adducteur, se condensent dans le réfrigérant et retombent dans le corps de l'extracteur, faisant ainsi macérer le solide dans le solvant (chauffé par les vapeurs se trouvant en dessous). Le solvant condensé s'accumule dans l'extracteur jusqu'à atteindre le sommet du tube-siphon, qui provoque alors le retour du liquide dans le ballon, accompagné des substances extraites, et le solvant contenu dans le ballon s'enrichit par conséquent progressivement en composés solubles [20], [23].

Le solvant continue alors de s'évaporer, tandis que les substances extraites restent dans le ballon (leur température d'ébullition doit être nettement supérieure à celle du solvant extracteur). Cette méthode est donc basée sur l'utilisation des solvants organiques qui permettent d'extraire la totalité des lipides polaires et apolaires [22], [23].

2.3.5.3 MODE OPÉRATOIRE

Dix (10) grammes des muscles de poissons étuvés ont été pesé à l'aide d'une balance électronique (marque SCOUT pro, précision 0,01) pour extraire les huiles du poisson *Schilbe grenfelli*. L'échantillon a été introduit dans une cartouche en cellulose perméable au solvant (éthanol à 98%) puis placé dans le tube siphonal d'adduction et d'extraction de soxhlet (figure 3).

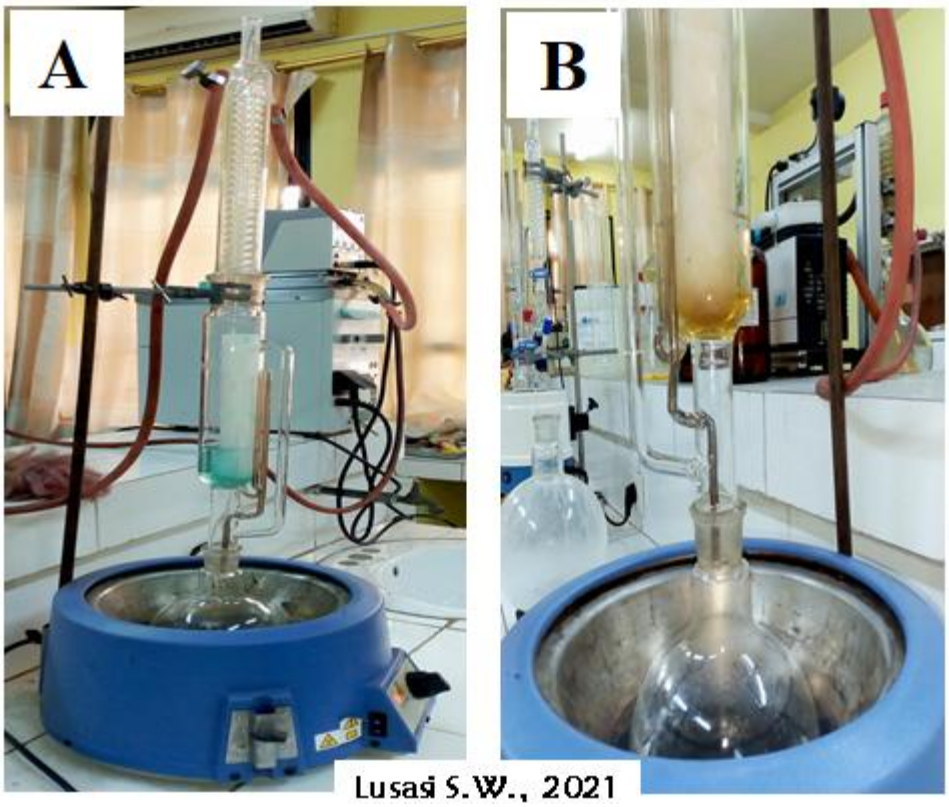


Fig. 3. Tube siphonal d'adduction et d'extraction de Soxhlet pendant (A) et après l'extraction (B) utilisé pour l'extraction d'huiles de poissons Schilbe grenfelli (©Lusasi S.W., 2021)

Ensuite, 500 ml d'éthanol a été versé à l'aide d'un pied gradué de 1000 ml dans un ballon de calotte chauffante avant d'insérer le tube siphonal d'adduction et d'extraction au col du ballon. Ce dernier dispositif a été connecté au réfrigérant à 20°C. L'extraction s'est poursuivie pendant 4 heures et, l'huile recueillie dans le ballon avec le solvant a été séparé grâce à un évaporateur rotatif (figure 4) à 65-

69°C pendant 30 minutes. L'huile extraite a été ensuite placé dans l'étuve à 105°C pendant 45 minutes pour éliminer les molécules d'eau [24].

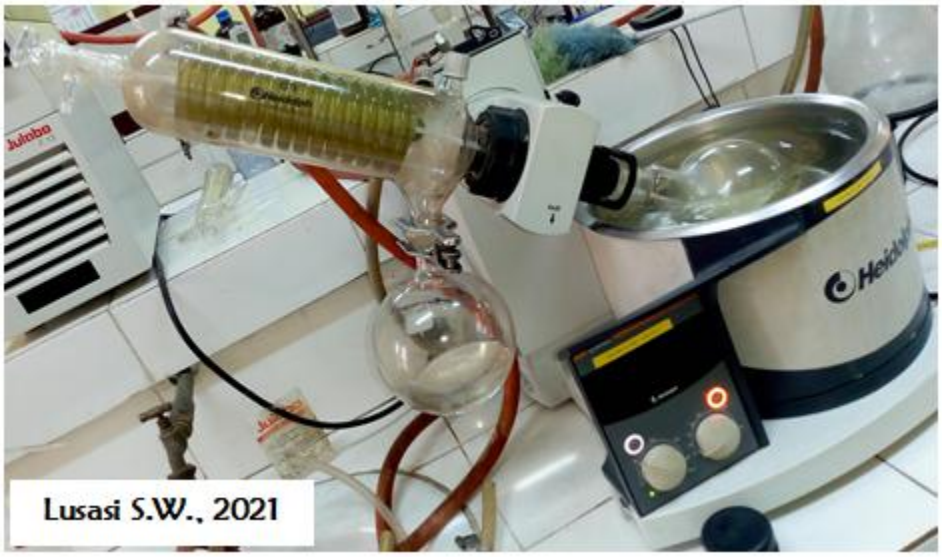


Fig. 4. Dispositif complet d'évaporateur rotatif utilisé lors d'extraction d'huiles de poissons Schilbe grenfelli (©Lusasi S.W., 2021)

2.3.5.4 QUANTITÉ D'HUILE EXTRAITE

La quantité d'huile extraite a été obtenue en faisant une différence de masse du ballon contenant l'huile et celle du ballon vide. La formule mathématique est: QH= M (bc) - M (bv) où, M (bc) est la masse du ballon chargé et M (bv) est la masse du ballon vide [20].

2.3.5.5 RENDEMENT D'HUILE

Le rendement (%) de la quantité d'huile extraite a été trouvé par la formule mathématique: $R = \frac{QH}{ME}$ X 100 (Masaba, 2018) où, R (%) est le rendement, QH (g) est la quantité d'huile recueilli et ME (g) est la masse du poisson étuvé [20].

2.3.5.6 MOYENNE DE LA QUANTITÉ D'HUILE EXTRAITE

L'extraction de la matière grasse dans les muscles de *Schilbe grenfelli* a été réalisée trois fois de suite avec la même masse. La moyenne de la quantité d'huile extraite a été calculée par la formule mathématique suivante: $X = \frac{M1+M2+M3}{3}$ où, X (g) est l'expression de la moyenne, M_1 (g) est masse d'huile du premier essai d'extraction, M_2 (g) est la masse d'huile de la deuxième extraction et M_3 (g) est la masse d'huile du troisième essai extraction [20].

2.3.5.7 MOYENNE DU RENDEMENT D'HUILE EXTRAITE

La moyenne du rendement d'huile extraite a été obtenue en addition des valeurs des rendements d'huile obtenues lors de trois essais d'extraction divisée par trois. Nous avons appliqué la formule mathématique suivante: $X = \frac{R1+R2+R3}{3}$ où, X (%) est l'expression de la moyenne, R_1 (%) est le rendement d'huile du premier essai d'extraction, R_2 (%) est le rendement d'huile du deuxième essai d'extraction et R_3 (%) est le rendement d'huile de troisième essai extraction [20].

2.3.6 CARACTÉRISATION DES HUILES PAR CHROMATOGRAPHIE SUR COUCHE MINCE

La caractérisation des huiles a été mise en place afin de déterminer la composition biologique des huiles extraite dans les muscles de poissons *Schilbe grenfelli* regroupés dans la première et quatrième classe de taille.

2.3.6.1 PRINCIPE

Le principe de la chromatographie sur couche mince est focalisé sur la méthode physique de séparation des mélanges. Elle est basée sur les différences d'affinité des substances à l'égard de deux phases, l'une stationnaire et l'autre mobile. La phase stationnaire solide est fixée sur une plaque, et la phase mobile liquide nommée éluant, est un solvant ou un mélange des solvants.

Les différents phospholipides sont ensuite détectés par des réactifs spécifiques en chromatographie unidimensionnelle après séparation dans un solvant d'élution dans des solvants d'élution composés de deux ou trois types de mélanges avec différents volumes [20], [25].

2.3.6.2 MODE OPÉRATOIRE

Des plaques de silice de 20 cm x 20 cm x 0,5 mm ont été utilisées pour procéder à la caractérisation des huiles. Après activation de la plaque à l'étuve à 103°C pendant 30 minutes, 2 gouttes de chaque échantillon d'huiles ainsi que celles de l'échantillon témoin (oméga 3) ont été placées sur la ligne de dépôt de la plaque. Ensuite, la plaque a été placée dans une cuve contenant 10 ml de méthanol, n-hexane et ammoniac à un volume de 6: 3: 1, v: v: v pour chaque solvant pendant 45 minutes pour un front de migration situé à environ 6,4 cm du dépôt. Ensuite, la plaque a été retirée de la cuve et laissée sécher à l'air libre pendant 50 minutes.

Après séchage, elle est placée sous une lampe U.V puis dans une cuve de révélation contenant l'iode. Les spots révélés par la lampe U.V et à l'iode sont encerclés avec un crayon qui permettra de calculer les rapports frontaux.

2.3.6.3 RAPPORT FRONTAL

Le rapport frontal ont été obtenu selon la relation mathématique suivante (Moanda, 2018): RF (cm) $= \frac{d(cm)}{L(cm)}$ ou RF (cm) est le rapport frontal; d (cm) est la distance comprise entre la ligne de dépôt et le centre du spot et L (cm) est la longueur de la plaque

2.3.7 ANALYSE ET TRAITEMENT STATIQUES DES DONNÉES

Les données issues des différents paramètres bromatologique et biochimiques des huiles ont été encodées sur le tableur Excel 2013. Pour chaque paramètre, la moyenne et l'écart-type ont calculés. Le test de Student a été appliqué aux moyennes de rendement d'huiles extraites grâce au logiciel statistique Origin 6.1 au seuil de probabilité de 5%. Les résultats obtenus sont présentés sous formes des tableaux et figures. La cartographie du site d'échantillonnage a été dressée avec le logiciel ArcGIS 10.8 grâce aux coordonnées géographiques (longitude et latitude) relevées à l'aide d'un GPS de marque Garmin Etrex 64s.

3 RESULTATS

3.1 CLASSES DES TAILLES DE POISSONS

Le prélèvement de quelques paramètres morphométriques autour des spécimens de poissons *Schilbe grenfelli* Linné, 1758 nous ont permis d'établir les classes de tailles (tableau 1) des différents spécimens de l'espèce étudiée suivant la règle de Sturge.

Tableau 1. Différentes classes de teilles de poissons Schilbe grenfelli étudiés

Classes de tailles	Fourchette de taille (mm)	Nombre spécimens
1	[120,4 ; 160,5[	6
2	[162 ; 202,08[	4
3	[203 ; 243,08[	2
4	[244 ; 284,08[	2
5	[285 ; 325,08[	4
Total		**16**

Au total, 16 spécimens de poissons *Schilbe grenfelli* Linné, 1758 sont regroupés dans cinq classes de tailles. La première classe de taille constitue plus de spécimens de poisson (6 individus) suivis de la deuxième et cinquième classe de taille qui présentent respectivement 4 spécimens et la troisième et quatrième classe regroupe moins de spécimens (2 individus pour chacune de classe). Les tailles minimale et maximale sont de 120,45 et 306,2 mm respectivement.

3.2 ANALYSE DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES DES MUSCLES DE POISSONS

Les résultats sur l'humidité résiduelle et la cendre totale des muscles frais de spécimens de poisons *Schilbe grenfelli* de la première et cinquième classe de tailles retenues pour l'extraction et caractérisation des huiles sont repris au tableau 2.

Tableau 2. Variations d'humidité résiduelle et cendre totale des muscles frais de poissons Schilbe grenfelli

Classes des tailles	Paramètres physico-chimiques	
	Humidité résiduelle (%)	Cendre totale (%)
1	69,37±0,11	96,00±1,89
5	69,76±0,07	91,94±0,71
Moyenne (%)	**69,56±0,19**	**93,97±2,03**

En moyenne, les muscles frais de poissons *Schilbe grenfelli* présentent une teneur en humidité résiduelle de 69,56±0,19% et celle de la cendre totale est de 93,97±2,03%. La différence est notable (t = 4,694; p = 0,003) entre les teneurs en humidité résiduelle de poissons regroupés dans la première classe (69,37±0,11%) et ceux de la cinquième classe de taille (69,76±0,07%). La valeur de la cendre totale de spécimens de poissons de la première classe est supérieure (96,00±1,89%) (t = -3,443; p = 0,013) que celle des spécimens de la cinquième classe (91,94±0,71%).

3.2.1 QUANTITÉ D'HUILE EXTRAITE DANS LES MUSCLES DE POISSONS

Les résultats obtenus sur les quantités d'huile extraites dans les muscles de poissons frais *Schilbe grenfelli* les sont consignés au tableau 3.

Tableau 3. Variation des quantités des huiles extraites dans les muscles frais de poissons Schilbe grenfelli

Classes de tailles	Quantité des huiles extraites (g)		
	Quantité minimale	Quantité maximale	Moyenne (g)
1	4,29	4,7	4,51±0,14
5	4,6	5,6	4,93±0,44
Moyenne (g)	**4,44±0,15**	**5,15±0,45**	**4,72±0,21**

Les résultats repris au tableau 3 montrent qu'en moyenne 4,51±0,14 g d'huile ont été extraites dans les muscles de poissons regroupés dans la première classe contre 4,93±0,44 g chez les spécimens regroupés dans la cinquième classe. Le test de Student montre que la différence n'est pas significative (t = 1,694; p = 0,141) entre les quantités d'huiles (figure 5) produites dans les muscles de poissons regroupés dans la première et la cinquième classe de taille.

Fig. 5. Echantillon d'huile extraite dans les muscles frais de poissons Schilbe grenfelli (©Lusasi, 2021)

3.2.2 VARIATION DES RENDEMENTS DES HUILES EXTRAITES

Les différentes variations de rendement d'huiles obtenues après extraction dans les muscles frais de poissons *Schilbe grenfelli* sont reprises au tableau 4.

Tableau 4. Rendement d'huile extraite dans les muscles frais de poissons Schilbe grenfelli

Classes de tailles	Rendement d'huile extraite (%)		
	Minimal (%)	Maximal (%)	Moyen (%)
1	42,26	46,44	44,52±1,5
5	45,4	55,33	48,72±4,4
Moyenne (%)	**43,83±1,57**	**50,88±4,44**	**46,62±2,1**

En moyenne, l'huile extraite dans les muscles de poissons *Schilbe grenfelli* regroupés dans la première et cinquième classe de tailles présente un rendement de 46,62±2,1%. Le rendement moyen d'huile extraite dans les muscles de spécimens de la première classe est moins important (44,52±1,5%) que celui la cinquième classe de taille (48,72±4,4%). La comparaison des moyennes de rendement d'huile de poisons de toutes les deux classes par le test de Student montre que la différence n'est pas significative (t = 1,190; p = 0,299) entre les rendements relevés.

3.2.3 CARACTÉRISATION D'HUILE EXTRAITE

Le tableau 5 reprend les rapports frontaux ainsi que le nombre de spots détecter grâce à la caractérisation par la technique de la chromatographie sur couche mince des huiles extraites dans les muscles frais de poissons *Schilbe grenfelli* regroupés dans la première et cinquième classe de tailles.

Tableau 5. Rapports frontaux et nombre des spots détectés dans les huiles de poissons Schilbe grenfelli frais (RF = Rapport Frontal et d = distance entre le centre du spot et la ligne de dépôt)

Éluant	Classes des tailles	Nombre des spots	RF (cm)	d (cm)
Méthanol/N-hexane/ammoniac (6, 3, 1 v,v,v)	1	1	0,82	6,4
Méthanol/N-hexane/ammoniac (6, 3, 1 v,v,v)	5	1	0,82	6,4
Méthanol/N-hexane/ammoniac (6, 3, 1 v,v,v)	Témoin (Tri oméga)	0,80	0,80	6,3

Il ressort des résultats repris dans le tableau 5 ci-haut que, qu'un seul spot a été détecté dans l'échantillon témoin (tri oméga) dans ainsi que les huiles de poissons *Schilbe grenfelli* regroupés respectivement dans la première et cinquième classe de taille en présence de Chloroforme/méthanol/ammoniac (volume de 6, 3, 1: v, v, v). Les spots détectés dans les huiles extraites présentent les mêmes rapports frontaux (0,82 cm) et distances entre la ligne de départ et les centres de ces deux spots (soit 6,4 cm). Par contre l'échantillon témoin présente une distance faible de migration (0,80 cm) que les l'huiles de première et cinquième classe de taille. Les figures 6, 7, 8, 9, 10 et 11 illustrent les plaques de silice portant les spots détectés à des différentes longueurs d'ondes.

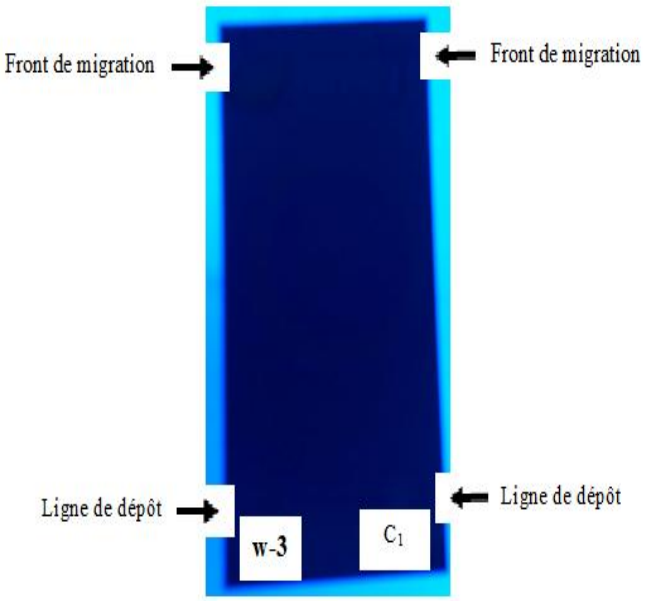


Fig. 6. Détection des spots à l'UV par chromatographie sur plaque de silice (6,4 cm × 6,4 cm) (w-3 = tri Omega et C_1 = échantillon de classe de taille 1) (©Lupangu, 2021)

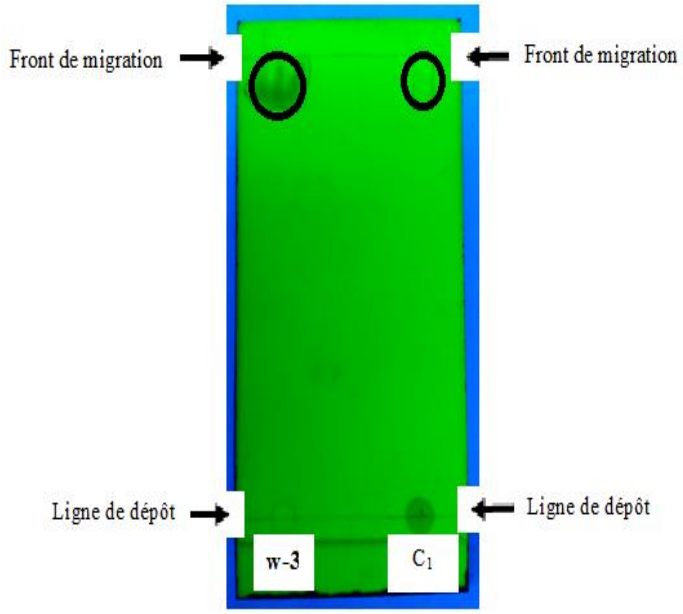


Fig. 7. Nombre des spots révélé à 254 nm par chromatographie sur plaque de silice (6,4 cm × 6,4 cm) (w-3 = tri Omega et C_1 = échantillon de classe de taille 1) (©Lupangu, 2021)

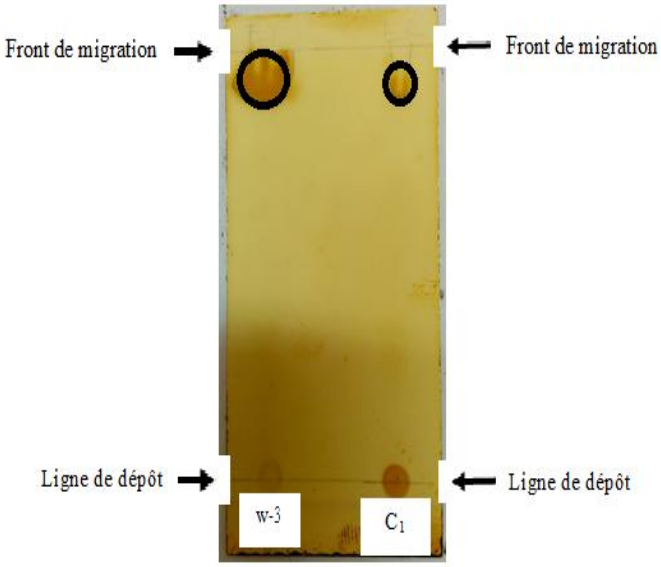


Fig. 8. Nombre des spots révélés à l'iode par chromatographie sur plaque de silice (6,4 cm × 6,4 cm) (w-3 = tri Omega et C_1 = échantillon de classe de taille 1) (©Lupangu, 2021)

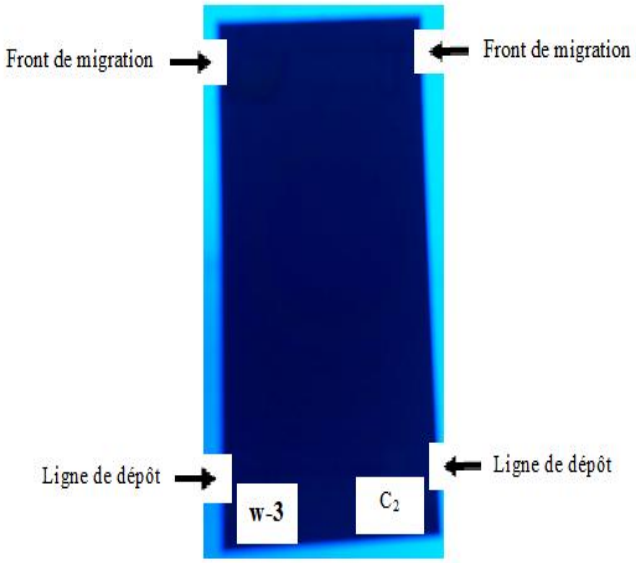


Fig. 9. Détection des spots à l'UV par chromatographie sur plaque de silice (6,4 cm × 6,4 cm) (w-3 = tri Omega et C_2 = échantillon de classe de taille 2) (©Lupangu, 2021)

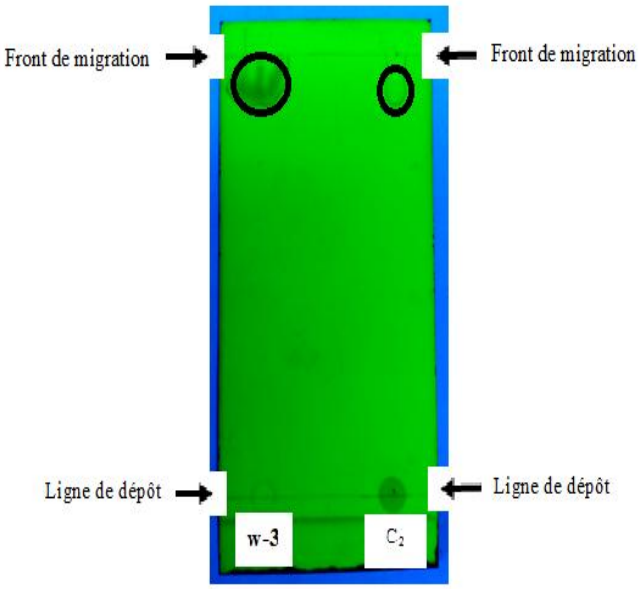


Fig. 10. Nombre des spots révélés à 254 nm par chromatographie sur plaque de silice (6,4 cm × 6,4 cm) (w-3 = tri Omega et C_2 = échantillon de classe de taille 2) (©Lupangu, 2021)

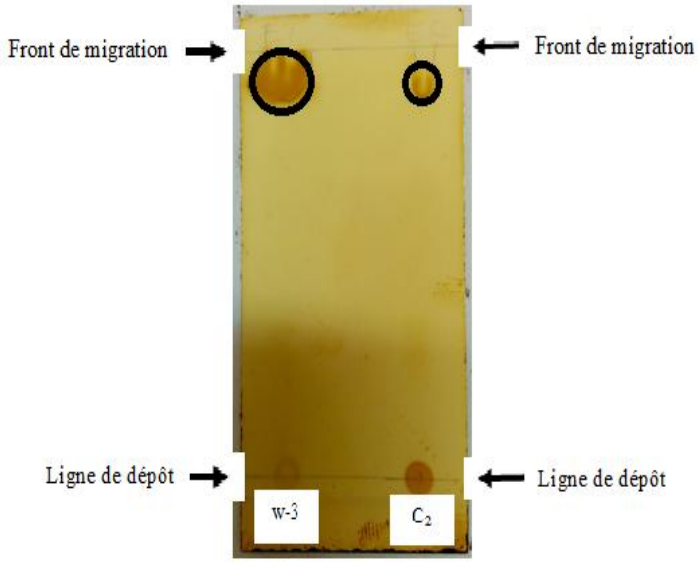


Fig. 11. Nombre des spots révélés à l'iode par chromatographie sur plaque de silice (6,4 cm × 6,4 cm) (w-3 = tri Omega et C_2 = échantillon de classe de taille 2) (©Lupangu, 2021)

4 DISCUSSION

La composition nutritionnelle du poisson est intéressante, principalement en raison de sa teneur en acides gras polyinsaturés à longues chaînes (AGPI-LC) de la série n-3, mais aussi de sa teneur en vitamine D et en iode [26]. Les résultats obtenus des huiles extraites dans les muscles de poissons *Schilbe grenfelli* ont montré une variation de la quantité produite et du rendement d'une classe de taille des poissons à l'autre. Avec dix (10) grammes des muscles, en moyenne 4,72±0,21 g d'huiles ont été recueillies chez les poissons regroupés dans la première et cinquième classe de taille. Le test de Student appliqué aux moyennes obtenues par classe de taille a montré que la différence n'est pas significative (t = 1,694; p = 0,141) entre les quantités d'huiles extraites dans les muscles de poissons regroupés dans la première classe (4,51±0,14 g) chez les spécimens regroupés dans la cinquième classe (4,93±0,44 g). Nos résultats sont supérieurs de ceux obtenus par obtenus [27]. Dans une étude consacrée à l'extraction et caractérisation des huiles de poissons *Oreochromis niloticus* péchés dans le Pool Malebo (Fleuve Congo), ce dernier a obtenus de quantité d'huiles comprise entre 2,41±0,29 g chez les poissons regroupés dans la première classe de taille (taille comprise entre 90,3 et 107,4 mm) et 1,13±0,64 g pour les poissons

réunis dans la cinquième classe de taille (taille comprise entre 159,9 et 194,7 mm). Malobo [28] a procédé à l'extraction et caractérisation des huiles de poissons *Labeo lineatus* pêchés dans le Pool Malebo et a obtenus des faibles quantités d'huiles (1,33±0,33 g pour les poissons *L. lineatus* regroupés dans la première classe: taille comprise entre 110,7 et 137 mm et 1,57±0,09 g pour ceux regroupés dans la cinquième classe: taille comprise entre 219,1 et 246,2 mm) que celles relevée dans cette étude.

Un rendement moyen d'huiles de 46,62±2,1% a été relevé dans les huiles extraites dans les muscles de deux classes de taille étudiées. Le rendement moyen des huiles de spécimens de la première classe a été moins important (44,52±1,5%) que celui des poisons regroupés dans la cinquième classe de taille (48,72±4,4%). L'application du test de Student a montré que la différence n'est pas significative ($t = 1,190$; $p = 0,299$) entre les rendements obtenus. Ces résultats sont plus loin supérieurs que ceux obtenus par [27], [28]. Ces derniers ont relevé des rendements moyens d'huiles compris entre 6,58±1,65% (première classe) et 8, 35±1,08% (cinquième classe) pour le cas de l'étude de [28] et 5,81±0,76% (première classe) et 5,1±0,24% (cinquième classe) pour le cas de l'étude de [27]. En effet, selon [26], la taille des poissons, la période du cycle de reproduction, le lieu de prélèvement, l'emplacement du prélèvement sur le filet (ventral ou dorsal, antérieur ou postérieur) ou encore les conditions d'élevage pour les produits d'aquaculture peuvent influencer à des degrés variables la quantité et rendement d'huiles. Ceci peut donc expliquer les différences observées entre nos résultats et ceux des autres chercheurs.

En raison de l'intérêt nutritionnel des acides gras, il est apparu utile de catégoriser les poissons en fonction de leur teneur en graisse. Les critères de classification nutritionnelle des huiles des poissons établis par [26], [29] en fonction de la teneur de lipides que renferment les muscles de ces derniers et, suivant les critères de classification de ces auteurs, un poisson est dit maigre quand sa teneur en lipides dans le muscle est <10%. Il est semi gras quand il accumule entre 2 et 10% de lipides et en fin un poisson gras est celui qui stock de lipides >10%. Sur ce, *Schilbe grenfelli* étudié est un poisson gras car, la teneur moyenne de lipides étant de 46,62±2,1% pour les muscles des poissons regroupés dans les deux classes de tailles.

La mise en place de la chromatographie sur couche mince avec un mélange de chloroforme/ méthanol/ammoniac au volume de 6, 3, 1: v/v/v a permis d'avoir les indications sur les types de lipides que l'on peut identifier dans les huiles extraites sans pour autant savoir exactement ces lipides. Les analyses ont révélé la présence d'un seul spot dans l'échantillon témoin (tri oméga) ainsi que dans les huiles des poissons de chacune de classe de taille. Les spots des échantillons présentent le même rapport frontal (0,82 cm) avec 6,4cm de la distance entre la ligne de départ et le centre des spots. Par contre l'échantillon témoin présente une distance faible de migration (0,80cm) que les huiles de première et cinquième classe de taille. Les nombre des spots ainsi que les rapports frontaux obtenus pour cette étude sont accord avec ceux obtenus par [26]. Dans son étude, [30] a signalé la présence d'un spot dans les huiles de poissons *Auchenoglanis occidentalis* pêchés dans le Pool Malebo (Fleuve Congo). Selon [31], la proximité des valeurs de rapports frontaux des échantillons des huiles et celles de l'étalon (tri oméga) confirme la présence des huiles qui renferment des acides aminés de catégorie d'oméga 3 et 6. Par contre, le nombre des spots et les rapports frontaux obtenus au cours de cette étude restent inférieurs de ceux obtenus par [6] qui, a relevé la présence de cinq (5) spots dans les huiles de poissons *Mormyrops anguilloides* pêchés dans le Pool Malebo (Fleuve Congo) avec des rapports frontaux compris entre 0,6 et 0,75 cm. Dans son étude, [2] a détecté quatre (4) spots ayant des rapports frontaux entre 0,10 cm et 0,85 cm dans les huiles extraites dans les muscles de poissons *Euchilicthys guentheri* pêchés dans le Pool Malebo (Fleuve Congo). Ces résultats peuvent être expliqués dans la manière où, les éluant et spécimens de poisson utilisés par [2], [6] ne sont pas les mêmes que ceux utilisés dans cette étude. Les éluant exploités lors de ces analyses au laboratoire ont migrés de la même manière avec les huiles recueillis lors de l'extraction et, ont finis par produire un seul spot ayant le même rapport frontal.

5 CONCLUSION

Cette étude avait pour objectif d'extraire et de déterminer de manière préliminaire la composition globale des huiles de poissons *Schilbe grenfelli* Linné, 1758 (*Siluriformes, Schilbeidae*). L'extraction des huiles a été réalisée par la méthode de Soxhlet suivant ses principes et caractériser par la chromatographie sur couche mince. Les résultats obtenus ont montré que le poisson *S. grenfelli* est un poisson gras sur base du rendement moyen (46,62±2,1%) d'huile extraite dans ses muscles. Les analyses de la chromatographie sur couche mince ont permis de mettre en évidence la présence d'un seul spot dans l'échantillon témoin (tri oméga) ainsi que dans les huiles des poissons de chacune de classe de taille. Les spots des échantillons d'huiles de poissons ont fourni des rapports frontaux légèrement supérieurs à celui du tri oméga (0,80 cm). Ces observations montrent à suffisance que les muscles du poisson *S. grenfelli* sont riches en acides gras polyinsaturés du groupe d'oméga-3 et 6. Ces résultats montrent à suffisance que les muscles frais du poisson *S. grenfelli* sont susceptibles d'offrir des bonnes qualités des huiles ayant une importance médicale et nutritionnelle pour la population congolaise et, la chaire de ce poisson est capable de contribuer à la lutte contre les maladies cardio-vasculaires et la malnutrition au pays partant de la qualité de ces huiles.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le plus sincères s'adressent à l'endroit de l'Assistant KASEYA MUKANYA Héritier pour nous avoir accueillis au Laboratoire de Chimie Générale de la Faculté de Polytechnique de l'Université de Kinshasa dont il est affecté comme Chercheur pour y mener une partie de nos analyses.

REFERENCES

[1] Paugy D., Lévêque C. Un model biologique pour les recherches sur la biodiversité. In: Lévêque C. & Paugy D. (Eds). Les poissons des eaux continentales africaines: diversité, écologie et utilisation par l'homme. IRD, Paris: 7-10, 2006.

[2] Masaba M.E. Essai d'extraction et de caractérisation des huiles de poissons *Euchilicthys guentheri* Schiltuis, 1891. Travail de fin de cycle présenter en vue de l'obtention du titre de gradué en Sciences Biologiques, Université de Kinshasa, R.D Congo, 36 p, 2018.

[3] Lozachmeur S., Sanceau V. Les huiles de poissons, une ressource à protéger. *OCL*, 15 (4): 244-246. *http://dx.doi.org/10.1051/ocl.2008.0208,* 2008.

[4] Simopoulus A.P. The importance of the ratio of omega-3/omega-6 essential fatty acids. *Biomed. Pharmacother,* 2002.

[5] Konig C. Apports nutritionnels du poisson dans notre alimentation: acide gras. Futura science. Disponible sur *https://www.futurascience.com/planete/dossiers/zoologie-poissons-eau-douce-1440/page/24/,* 2021.

[6] Moanda M.E. Extraction et de caractérisation des huiles de poissons Mormyridae du Pool Malebo. Travail de fin de cycle présenter en vue de l'obtention de titre de gradué 'en sciences Biologiques, Université de Kinshasa, R.D Congo, Inédit, 30 p, 2019.

[7] Lusasi S.W., Kavumbu M.S., Munganga K.C., Manikisa I., Mbomba N.B., Pwema K.V. Contribution à la connaissance de la diversité ichtyologique et mode exploitation de poissons *Schilbeidae* (*Siluriformes*) dans le Pool Malebo (fleuve Congo), R.D Congo. *European Scientific Journal, 18 (30): 178 - 205. https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p178,* 2022.

[8] Mbadu Z.V. Biologie des espèces du genre Distichodus Muller et Troschel, 1845 (Distichodontidae) du Pool Malebo (Fleuve Congo) en rapport avec les mécanismes d'exploitation de leurs niches trophiques. Thèse de doctorat présentée et défendue en vue de l'obtention du grade de docteur en Sciences Biologiques, Université de Kinshasa, 442 p, 2011.

[9] Lévêque C., Paugy D., Teugels GG. Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres d'Afrique de l'Ouest. Tome 1 & 2, Paris, O.R.S.T.O.M./MRAC, collection Faune tropicale, n°28, 910 p, 1990.

[10] De Vos L. A systematic revision of the African Schilbeidae (Teleostei, Siluriformes). With an annotated bibliography. *Ann. Mus. R. Afr. Centr., Sci. Zool., 271: 1-450,* 1995.

[11] Lusasi S.W., Makiese M.P., Kunonga N.L., Munganga K.C., Kavumbu M.S., Pwema K.V. Proportion de vente des poissons frais locaux et importés dans les marchés de Kinshasa en République Démocratique du Congo (cas des marchés de la Liberté de Masina et Central de Kinshasa). *Journal of Applied Biosciences, 141: 14353 – 14363,* 2019.

[12] Lusasi S.W., Manza K.R., Bipendu M.N., Munganga K.M., Kavumbu M.S., Gafuene N.G., Pwema K.V. Analysis of the ichtyological composition of smoked fish sold in the Liberté and Gambela markets in Kinshasa, Democratic Republic of Congo. *Agricultural Science, 2 (2): 69-79, https://doi.org/10.30560/as.v2n2p69,* 2020.

[13] Masua T.B., Lusasi S.W., Munganga K.C., Wumba M.P., Kavumbu M.S., Pwema K.V. Inventory of fresh fish marketed in the markets of Kinshasa in the Democratic Republic of Congo (case of the Gambela and Matete markets). *International Journal of Applied Research, 6 (4): 102-108,* 2020.

[14] Nakweti K.J., Lusasi S.W., Tembeni M.J. Evaluation des teneurs en éléments traces métalliques (Cadmium et Plomb) dans l'eau, les sédiments et deux espèces de poissons *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) et *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758) dans le Pool Malebo (Fleuve Congo), RD Congo. *European Scientific Journal, ESJ, 17 (25), 174. https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p174,* 2021.

[15] Pwema K.V., Mbomba B.N., Kikala A.E., Lusasi S.W., Micha J-C. Utilisation des Alevins de *Schilbe mystus* (Linnaeus, 1758) (*Siluriformes*: *Schilbeidae*) dans la lutte biologique contre les larves de moustiques. *Congo Sciences, 7 (2): 81-86,* 2019.

[16] Nzapo K.H., Ngbolua K.N., Bongema A.L., Bongo N.G., Inkoto L.C, Falanga M.C., Ashande M.C., Ndembo N.J.L., Lokilo L.E., Djoza D.R. Evaluation de la bioaccumulation de métaux lourds chez *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacepède, 1803), *Mormyrops anguilloides* (Linnaeus, 1758) et *Coptodon rendalli* (Boulenger, 1897). *International Journal of Innovation and Scientific Research, 38 (1): 185-191,* 2018.

[17] Lévêque C., Paugy D., Teugels GG. Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres d'Afrique de l'Ouest. Tome 1 & 2, Paris, O.R.S.T.O.M./MRAC, collection Faune tropicale, n°28, 910 p, 1992.

[18] Poll M., Gosse J.P. Genera des poissons d'eau douce de l'Afrique. Classe des Sciences. Académie Royale de Belgique, 324 p, 1995.

[19] https://www.fishbase.se. Disponible sur Internet, Version 2023.

[20] Kavumbu M.S., Shembo O.S., Lusasi S.W., Munganga K.C., Bipendu M.N., Gafuene N.G., Pwema K.V. Valeur nutritionnelle des huiles extraites dans les muscles de poissons *Clarias gariepinus* Burchell, 1822 (*Siluriformes, Clariidae*) pêchés dans le Pool Malebo (Fleuve Congo) en R.D Congo. *International Journal of Applied Research, 6 (10): 431-437,* 2020.

[21] AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Official methods of analysis of the Association of Analytical chemists, *15th edition. AOAC, Arlington, Virgina, USA,* 1990.

[22] Mohamed E. Valeur nutritive de l'armoise blanche (*Artemisia herba alba*) comparées à l'unité fourragère de l'orge. Mémoire de Master en Sciences de la Nature et de la Vie, des Sciences de la Terre et de l'Univers. Université Abou Belkaid, Alemcen, Algérie, 25 p, 2013.

[23] Ouissey Y., Sebgag A., Sandali A. Caractérisation des alphaltens algériens extraits des différentes zones des champs de Hassi Messaoud. Mémoire présenté pour obtenir le diplôme de Master en production des hydrocarbures. Faculté des hydrocarbures et énergies renouvelables et sciences de la terre et de l'univers. Université Kasdi Merbah Ouargla, Algerie, 58 p, 2018.

[24] Fanni J. Importance de la contribution de la flore fongique dans l'accumulation du calcium et du phosphore à la surface d'un fromage à pâte molle de type camembert. Thèse présenté en vue de l'obtention du grade de Docteur, Institut National Polytechnique de lorraine, France, 160 p, 1977.

[25] Al Sayed K.M. Extraction, fractionnement et caractérisation des lipides polysaturés d'œufs de la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*). Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine l'Institut National Polytechnique de Lorraine, 158 p, 2007.

[26] Girardet J.P. Bénéfices nutritionnels et risques potentiels de la consommation de poisson. Réalités pédiatriques, Service de Gastroentérologie et Nutrition Pédiatriques, Hôpital Armand Trousseau, Paris, 4 p, 2012.

[27] Matulu G.D. Extraction et caractérisation des huiles de poissons *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758 *(Perciformes, Cichlidae*) péché dans le Pool Malebo (fleuve Congo). Travail de fin de cycle en Sciences Biologiques, Université de Kinshasa, R.D Congo, 40 p, 2018.

[28] Malobo K.G. Extraction et caractérisation des huiles de poissons *Labeo lineatus* Boulenger, 1899 (*Cypriniformes, Cyprinidae*) pêché dans le Pool Malebo (fleuve Congo). Travail de fin de cycle présenter en vue de l'obtention du titre de gradué en Sciences Biologiques, Université de Kinshasa, R.D Congo, 34 p, 2019.

[29] Corraze G., Kaushik S. Les lipides des poissons marins et d'eau douce. *Oléagineux, corps gras, lipides, 6 (1), 111-5,* 1999.

[30] Benonia T.A. Extraction et caractérisation des huiles du poisson *Auchenoglanis occidentalis* Valenciennes, 1840 (*Siluriformes, Claroteidae*) pêché dans le Pool Malebo (Fleuve Congo). Travail de fin de cycle en Sciences Biologiques, Université de Kinshasa, R.D Congo, 32 p, 2019.

[31] Mufiya A.F. Analyse comparative des huiles de poisson *Protopterus dolloi* Boulenger 1910 (*Lepidosireniformes, Protopteridae)* frais pêché dans le Pool Malebo (fleuve Congo) et fumé vendu à Kinshasa, R.D Congo. Travail de fin de cycle en Sciences Biologiques, Université de Kinshasa, R.D Congo, 49 p, 2020.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 942-951
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Évaluation de la teneur en éléments traces métalliques (Hg, Cd et Pb) chez deux espèces de poissons fumés *Protopterus dolloi* Boulenger, 1900 (*Protopteridae*) et *Chanallabes sp* (*Clariidae*) vendus dans le marché Baramoto à Kinshasa (RD Congo)

[Evaluation of the content of metallic trace elements (Hg, Cd and Pb) in two species of smoked fish *Protopterus dolloi* Boulenger, 1900 (*Protopteridae*) and *Chanallabes* sp (*Clariidae*) sold in the Baramoto market in Kinshasa (RD Congo)]

Willy LUSASI SWANA[1-2], Christelle KWELA KUTSATSA[2], Jeff NAKWETI KUKATULA[1-2], Jean LUSASI[3-4], Jeancy MVINDU KIDIMBU[2], Enoch TCHOMBA ASSANI ONYA[5], Santos KAVUMBU MUTANDA[1-2], Ready KONDA KUMBUTA[2], and Victor PWEMA KIAMFU[1-2]

[1]Laboratoire de Limnologie, Hydrobiologie et Aquaculture, Mention Sciences de la Vie, Faculté des Sciences et Technologies, Université de Kinshasa (UNIKIN), B.P 190 Kinshasa XI, RD Congo

[2]Mention Sciences de la Vie, Faculté des Sciences et Technologies, Université de Kinshasa (UNIKIN), B.P 190 Kinshasa XI, RD Congo

[3]Mention Gestion des Ressources Naturelles, Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement, Université de Kinshasa, B.P 117 Kinshasa XI, RD Congo

[4]Section des Technologies et Sciences, Mention Biologie - Chimie, Institut Supérieur Pédagogique de Muanda, Kongo Central, RD Congo

[5]Département de Français, Institut Supérieur Pédagogique de Kibomba, Maniema, RD Congo

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

ABSTRACT: The main objective of this study was to assess the level of mercury, cadmium and lead contamination in two species of smoked fish, *Protopterus dolloi* Boulanger, 1900 and *Chanallabes sp,* sold in the Baramoto market and widely consumed in the city of Kinshasa in the Democratic Republic of Congo. A total of 60 fish samples (30 for *Protopterus dolloi* and 30 for *Chanallabes sp*) were taken and measured using atomic absorption spectrophotometers and molecular absorption spectrophotometers. The results of the toxicological analyses revealed the presence of the three trace elements in the muscles and heads of these two species of fish in varying concentrations. The highest concentrations were found in the *Protopterus dolloi* species (Hg: 0.79±0.1 µg/L, Cd: 0.41±0.32 µg/L, Pb: 0.33±0.01 µg/L). However, the concentrations found in both species of fish were below the maximum limits of the standard recommended by the WHO (Hg < 10 µg/L; Cd < 0.5 µg/L; Pb < 1 µg/L). Despite the low levels found in the muscles and heads of the fish considered in this study, regular consumption of the flesh of these fish represents a public health hazard for the population of Kinshasa, and exposes consumers to multiple risks. Further studies on the quality of smoked fish should be conducted to ensure food safety for consumers.

KEYWORDS: trace metals, quality, smoked fish, *Chanallabes sp, Protopterus dolloi,* Kinshasa markets, DR Congo.

RESUME: L'objectif principal de cette étude est d'évaluer le niveau de contamination en mercure, cadmium et plomb chez deux espèces de poissons *Protopterus dolloi* Boulanger, 1900 et *Chanallabes sp* fumés vendues dans le marché Baramoto et à forte consommation dans la ville de Kinshasa en République Démocratique du Congo. Au total, 60 échantillons des poissons (30 pour *Protopterus dolloi* et 30 pour *Chanallabes sp*) ont été prélevés et dosés à l'aide de spectrophotomètre d'absorption atomique et spectrophotomètre d'absorption moléculaire. Les résultats d'analyses toxicologiques obtenus révèlent la présence des trois éléments traces dans les muscles et les têtes de ces deux espèces des poissons à des concentrations variables. Les concentrations les plus élevées sont trouvées chez

Corresponding Author: Willy LUSASI SWANA

l'espèce *Protopterus dolloi* (Hg: 0,79±0,1 µg/L, Cd: 0,41±0,32 µg/L, Pb: 0,33±0,01 µg/L). Toutefois, les concentrations trouvées dans les deux espèces des poissons ont été inférieures aux limites maximales de la norme préconisée par l'OMS (Hg < 10 µg/L; Cd < 0,5 µg/L; Pb < 1 µg/L). Malgré ces faibles teneurs relevées les muscles et têtes des poissons considérés au cours de cette étude, la consommation régulière de la chair de ces poissons représente un danger de santé publique pour la population kinoise, et expose les consommateurs à des multiples risques. Il est souhaitable que des études plus approfondies sur la qualité des poissons fumés soient menées pour assurer la sécurité alimentaire des consommateurs.

MOTS-CLEFS: éléments traces métalliques, qualité, poissons fumés, *Chanallabes sp, Protopterus dolloi,* marchés de Kinshasa, RD Congo.

1 INTRODUCTION

La consommation de poisson fait depuis quelques années l'objet d'une attention particulière en raison des avantages qu'il offre à la santé humaine, tels que les acides gras essentiels, les protéines, les vitamines A, D et E et les minéraux [1]. L'action potentielle de la consommation de poissons dans la prévention des maladies cardiovasculaires et coronaires [2], [3], des accidents vasculaires cérébraux [4], de certains cancers [5], [6], de la dépression [7], [8] et de certaines maladies neurodégénératives [9], [10]. Toutefois, ils peuvent aussi être à l'origine de certains polluants toxiques de l'environnement, comme les éléments traces métalliques (ETMs), qui se rassemblent dans leurs tissus et se propagent dans la chaîne alimentaire jusqu'à l'être humain [1].

Les ETMs sont considérés comme des polluants majeurs de l'environnement, à la fois en raison de leur présence constante dans la biosphère et de leur toxicité et de leur potentiel de bioaccumulation dans diverses espèces aquatiques, ce qui entraîne des conséquences dévastatrices [11]. Ces éléments ont des effets néfastes sur les organismes vivants en raison de leur non biodégradabilité et de leur persistance dans l'environnement [12]. Les poissons sont fréquemment utilisés par les populations en Afrique pour satisfaire leurs besoins et garantir leur sécurité alimentaire [13]. Selon [14], plus de 200 millions d'Africains consomment régulièrement du poisson, qu'il soit frais ou souvent fumé ou séché.

La majorité des poissons capturés dans le système fluvial du pays sont vendus frais, tandis que le reste est conservé pour une vente ultérieure en République Démocratique du Congo. Différentes méthodes classiques sont employées afin de maintenir la stabilité de ce produit halieutique, garantir sa préservation, sa disponibilité sur le marché et prolonger sa consommation dans le temps.

La méthode la plus couramment employée est le fumage [15], [16]. Cependant, elle n'est pas exempte de conséquences, car elle peut être responsable de diverses contaminations, notamment chimiques, en raison de l'utilisation de combustibles d'origines différentes, dont certains contiennent des ETMs, qui se libèrent dans le gaz de combustion et se rassemblent dans le muscle des poissons. Ce phénomène peut poser un véritable défi pour la santé publique. L'objectif de cette étude était d'évaluer le niveau de contamination en ETMs (Pb, Cd et Hg) chez deux espèces de poissons, à savoir *Protopterus dolloi* Boulanger, 1900 et *Chanallabes sp* fumés, qui sont vendus sur le marché Baramoto et sont très consommés dans la ville de Kinshasa en République Démocratique du Congo.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 CADRE DE L'ÉTUDE

Les échantillons des poissons fumés *Protopterus dolloi* et *Chanallabes sp* étudiés ont été récoltés dans le marché Baramoto situé dans la commune de la Gombe dans la ville de Kinshasa en République Démocratique du Congo (figure 1). Le choix de ce site se justifie par le fait que ce dernier reçoit des grandes quantités des poissons fumés provenant des différentes provinces de la République Démocratique du Congo, et constitue l'un de plus grand fournisseur des poissons fumés vendus dans plusieurs autres marchés de la ville de Kinshasa.

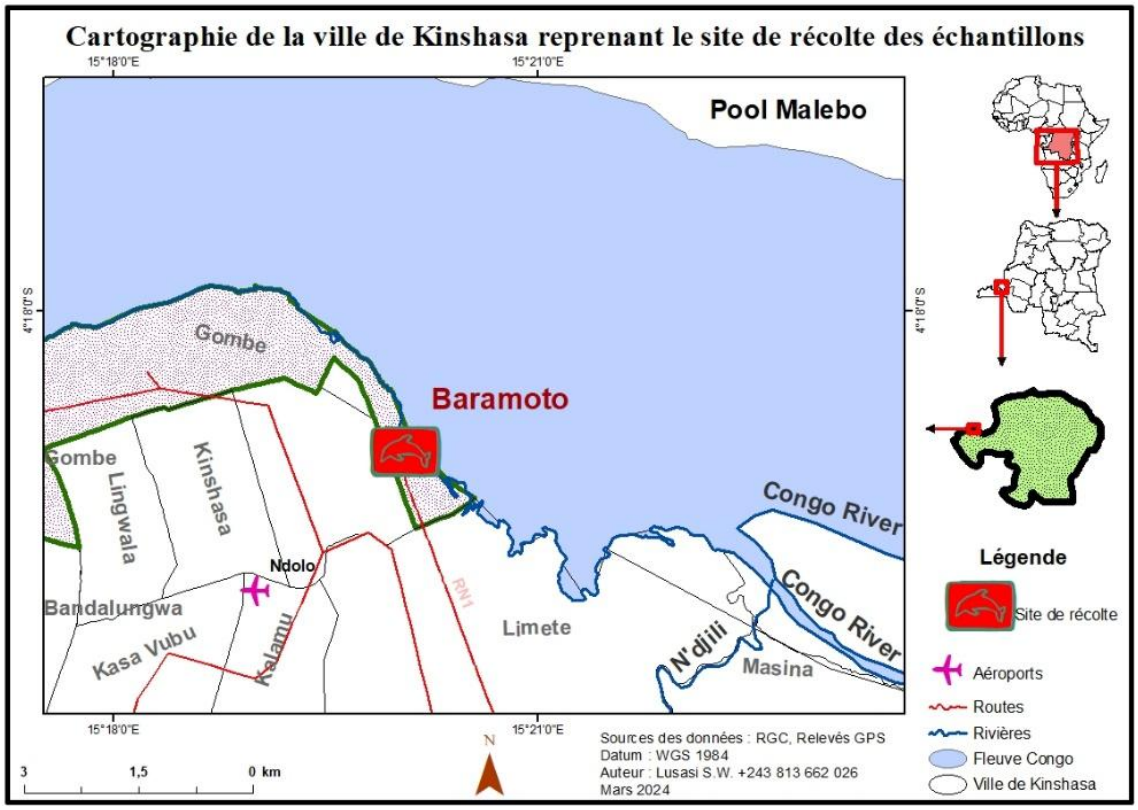


Fig. 1. ***Cartographie de la ville de Kinshasa reprenant le point de collecte des spécimens de poissons fumés dans le marché de Baramoto dans la commune de la Gombe***

2.2 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Le matériel biologique utilisé dans cette étude est constitué de deux espèces de poissons fumés notamment: *Protopterus dolloi* Boulenger, 1900 (A) et *Chanallabes sp* (B) (figure 2) vendues dans le marché de Baramoto à Kinshasa. Le choix de ces poissons a été fait suite aux résultats d'investigations menées par [16], [17], qui ont indiqué que ces deux espèces font partie de poissons fumés le plus échangés et consommés dans la ville Kinshasa.

Fig. 2. ***Spécimens de poissons Protopterus dolloi (A) et Chanallabes sp (B) (©Lusasi S.W., 2024)***

2.3 MÉTHODOLOGIE

2.3.1 ECHANTILLONNAGE ET TRANSPORT DES POISSONS

La collecte des échantillons a été effectuée entre les mois de juin et octobre 2023. Les poissons ont été obtenus par des achats auprès de vendeurs des poissons fumés du marché Baramoto. Quelques spécimens des espèces étaient prélevés chaque mois, conservés immédiatement dans de sachets en polyéthylène bien fermés, puis transporter au laboratoire pour les analyses appropriées.

2.3.2 ANALYSES TOXICOLOGIQUE

Les analyses toxicologiques d'échantillons ont été réalisées au Coalex Water Analysis Laboratoire, situé dans le quartier Yolo-Nord dans la commune de Kalamu à Kinshasa en République Démocratique du Congo.

2.3.2.1 PRÉPARATION ET TRAITEMENT DES ÉCHANTILLONS DES POISSONS

Les échantillons ont été d'abord séchés à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures pour éliminer complètement l'eau. Dix (10) grammes de matière sèche (MS) ont été prélevés puis broyés à l'aide d'une moulinette électrique afin de les réduire en farine. La farine recueillie a été ensuite introduit dans un creuset en porcelaine et calciner à 450 °C pendant minimalement 1h au four à moufle (Hobersal).

Les cendres obtenues ont été minéralisées avec des acides forts permettant la destruction totale de toute matière organique de l'échantillon, afin de rendre les éléments minéraux dans un état soluble et propre au dosage. Ensuite, un (1) gramme de cendre a été mis dans un bécher de 50 ml et mélanger avec 10 ml d'acide chlorhydrique (HCl) concentré. Le bécher a été porté sur une plaque chauffante électrique (de marque Stuart hotplate) à 120°C jusqu'à la dissolution complète. Après 1 heure de digestion, 50 ml d'eau distillée ont été ajouté. La solution a été filtrée à l'aide de papier filtre et jaugée dans une fiole de 100 ml. Cette solution nous a servi pour le dosage des éléments Cd, Pb et Hg au spectrophotomètre. Deux organes ont été ciblés pour les analyses, le muscle et tête. Quatre paramètres physico-chimiques ont été mesurés pendant la manipulation notamment le potentiel d'hydrogène (pH), la teneur des ions sous forme de la conductivité (µS/cm), l'humidité relative (%) ainsi que la cendre totale (%) en vue de déterminer la qualité physico-chimique des échantillons dosés.

2.3.2.2 DOSAGE DES MÉTAUX LOURDS

Les concentrations en ETMs ont été déterminées par les spectrophotomètres en comparaison à la gamme étalon. L'analyse d'Hg a été effectuée par SAA sans flamme, à l'aide du spectrophotomètre Perkin Elmer. La lecture sur le spectrophotomètre a été effectuée sur une longueur d'onde spécifique de 253,7 nm. Les concentrations en Cd et Pb ont été réalisées par spectrophotométrie d'absorption moléculaire à l'aide du photomètre Palintest 8000 suivant une longueur d'ondes de 518 nm pour le Cd et 283,3 nm pour le Pb. Le Cd a été coloré par une réaction de compléxation avec la dithizone, et le Pb avec une solution de Cyanure de Potassium. Quant au mercure, il a été libéré de la solution après minéralisation par le permanganate de potassium et le persulfate.

2.3.3 ANALYSES STATISTIQUES ET TRAITEMENT DES DONNÉES

Les valeurs obtenues lors des différentes analyses des échantillons des poissons fumés ont été encodées et traitées sur le logiciel Excel 2013. Pour chaque paramètre, la moyenne et l'écart-type ont été calculés. L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) utilisant le test de Fisher [18] ainsi que le LSD test à l'intervalle de 95% de confiance [19] a été appliquée pour relever la plus petite différence significative entre les valeurs moyennes d'ETMs de chaque élément grâce au logiciel Statistix (version 10,8) au seuil de probabilité de 95% de confiance. Les résultats obtenus sont présentés sous forme des tableaux et graphiques. Le logiciel Origin version 6,1 a été utilisé pour générer les graphiques et la cartographie du site d'échantillonnage a été dressée avec le logiciel ArcGIS version 10,8 grâce aux coordonnées géographiques (longitude et latitude) relevées à l'aide d'un GPS de marque Garmin Etrex 64s.

3 RESULTATS

3.1 PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES DES POISSONS FUMÉS

La figure 3 présente les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques prélevés des échantillons des muscles des poissons étudiés. Les muscles de deux espèces des poissons sont légèrement acides avec respectivement 6,06±0,02 pour le *Chanallabes sp,* et 5,91±0,1 pour *Protopterus dolloi*. La conductivité mesurée dans cet organe indique une valeur légèrement élevée des ions chez l'espèce *P. dolloi* soit 42,3±1,07 µS/cm que chez l'espèce *C. sp* avec 30,35±0,6 µS/cm. La teneur en eau résiduelle enregistrée a fluctué très

légèrement entre les deux espèces soit 8,61±0,03 % pour *C. sp* et 7,9±0,04% pour *P. dolloi.* La plus grande teneur en cendre totale a été enregistrée chez *P. dolloi* tandis que la plus faible teneur a été relevée chez *C. sp*.

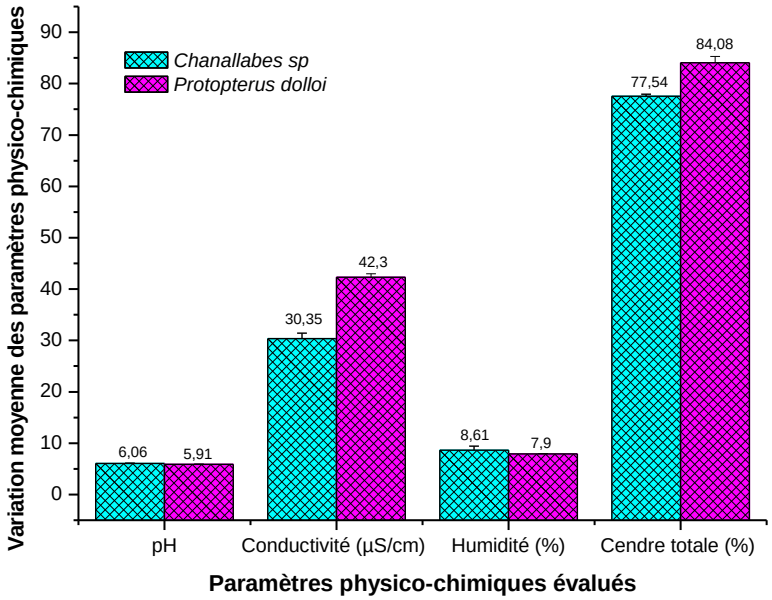


Fig. 3. Variation moyenne des paramètres physico-chimiques dans les muscles de poissons Chanallabes sp et Protopterus dolloi analysés

3.2 TENEURS DES ÉLÉMENTS TRACES MÉTALLIQUES DANS LES POISSONS

3.2.1 TENEURS GLOBALES

La teneur globale moyenne des différents éléments traces métalliques dosés dans les spécimens de poisons *Chanallabes sp* et *Protopterus dolloi* est reprise au tableau 1.

Tableau 1. Teneurs moyennes des ETMs dans les poissons Chanallabes sp et Protopterus dolloi

ETM	Espèces des poissons						Normes (OMS)
	Chanallabes sp			*Protopterus dolloi*			
	Min	Max	Moyenne	Min	Max	Moyenne	
Mercure (µg/L)	0,58	0,74	0,64±0,06^{b}	0,69	0,95	0,79±0,1^{b}	< 10^{a}
Cadmium (µg/L)	0,11	0,16	0,13±0,01^{c}	0,9	0,19	0,41±0,32^{b}	< 0,5^{a}
Plomb (µg/L)	0,21	0,31	0,25±0,03^{c}	0,31	0,36	0,33±0,01^{b}	< 1^{a}

Légende: ETM = Eléments Traces métalliques, Min = Minimum et Max = Maximum

Il ressort de ce tableau que d'une manière générale, la teneur des ETMs varie d'une espèce à l'autre avec des différences statistiques significatives d'un métal à l'autre où la teneur de ces éléments est plus élevée chez l'espèce de poison *Protopterus dolloi:*

- ✓ Le mercure est l'élément le plus accumulé avec des teneurs moyennes comprises entre de 0,64±0,06^{b} µg/L chez le poisson *Chanallabes sp* et 0,79±0,1^{b} µg/L chez le poisson *Protopterus dolloi* avec une différence statistique très hautement significative (F = 6242; p = 0,0000; LSD = 0,0377) entre les différentes valeurs moyennes;
- ✓ L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) appliquée aux données de teneurs moyennes en plomb met en évidence une différence très hautement significative (F = 239; p = 0,0000; LSD = 0,0659) entre les concentrations relevées dans les deux espèces de poissons où l'espèce *Protopterus dolloi* avec 0,33±0,01^{b} µg/L présente une teneur moyenne plus élevée que celle de poisson *Chanallabes sp* avec 0,25±0,03^{c} µg/L;
- ✓ Le poisson *Protopterus dolloi* avec 0,41±0,32^{b} µg/L présente une teneur élevée en cadmium avec une différence significative (F = 1,22; p = 0,0387; LSD = 0,4912) celle relevée chez le poisson C*hanallabes sp* (0,13±0,01^{c} µg/L).

3.2.2 CONCENTRATION DES MÉTAUX DANS LES MUSCLES DE POISSONS

La variation de la teneur en mercure, cadmium et plomb dans les muscles des poissons *Chanallabes sp* et *Protopterus dolloi* est consignée au tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2. Variation de la teneur d'ETMs dans les muscles de poissons fumés étudiés

ETM	Espèces des poissons						Normes (OMS)
	Chanallabes sp			*Protopterus dolloi*			
	Min	Max	Moyenne	Min	Max	Moyenne	
Mercure (µg/L)	0,23	0,28	0,25±0,01[b]	0,23	0,27	0,24±0,01[b]	< 10[a]
Cadmium (µg/L)	0,02	0,03	0,02±0,00[b]	0,03	0,06	0,04±0,01[b]	< 0,5[a]
Plomb (µg/L)	0,05	0,09	0,07±0,01[b]	0,08	0,11	0,1±0,01[b]	< 1[a]

Le tableau 2 montre que les muscles des poissons *Chanallabes sp* concentrent le Hg à une teneur légèrement supérieure (soit 0,25±0,01[b] µg/L) avec aucune différence significative (F = 168926; p = 0,0000; LSD = 0,0377) que dans les muscles de *Protopterus dolloi* (soit 0,24±0,01[b] µg/L). Les concentrations de Cd et Pb restent faibles dans les muscles des deux espèces de poissons sans aucune différence significative (Cd: F = 1501; p = 0,0000; LSD = 0,0188); (Pb: F = 1473; p = 0,0000; LSD = 0,0371). Ces teneurs varient entre 0,04±0,01[b] µg/L chez *P. dolloi* et 0,02±0,00[b] µg/L pour *C. sp* pour le Cd, et 0,07±0,01[b] µg/L chez *C. sp* et 0,1±0,01[b] chez *P. dolloi* pour le Pb.

3.2.3 CONCENTRATION DES MÉTAUX DANS LES TÊTES DE POISSONS

Le tableau 3 ci-après reprend la variation de la teneur Hg, Cd et Pb dans les têtes des poissons *Chanallabes sp* et *Protopterus dolloi* vendus sur les marchés de Baramoto à Kinshasa.

Tableau 3. Variation de la teneur d'ETMs dans les têtes de poissons étudiés

ETM	Espèces des poissons						Normes (OMS)
	Chanallabes sp			*Protopterus dolloi*			
	Min	Max	Moyenne	Min	Max	Moyenne	
Mercure (µg/L)	0,33	0,41	0,37±0,03[c]	0,44	0,51	0,47±0,02[b]	< 10[a]
Cadmium (µg/L)	0,07	0,1	0,08±0,01[b]	0,01	0,12	0,07±0,04[b]	< 0,5[a]
Plomb (µg/L)	0,14	0,21	0,17±0,02[b]	0,19	0,24	0,21±0,01[b]	< 1[a]

Les résultats repris au tableau 3 ci-haut renseignent que la teneur des ETMs varie légèrement d'une espèce à l'autre et d'un élément à l'autre. Le Hg est l'élément le plus accumulé de manière très hautement significative (F = 56782, p = 0,0000, LSD = 0,0635) dans les têtes de deux poissons fumés que les autres ETMs. L'espèce *Protopterus dolloi* présente une teneur moyenne légèrement supérieure (soit 0,47±0,02[b] µg/L) que celle relevée chez l'espèce *Chanallabes sp* (soit 0,37±0,03[c] µg/L). Les teneurs de Cd et Pb varient légèrement entre les deux espèces de poissons avec 0,08±0,01[b] µg/L chez le poisson *Chanallabes sp* et 0,07±0,04[b] µg/L chez le poisson *P. dolloi* pour le Cd, et 0,21±0,01[b] µg/L chez *Protopterus dolloi* et 0,17±0,02[b] µg/L chez *C. sp* pour le Pb. L'analyse de la variance à un facteur appliqué à ces données a montré aucune différence significative (F = 88,7; p = 0,0000; LSD = 0,0679) pour les différents teneurs de Cd et une différence très hautement significative (F = 593, p = 0,0000) pour les teneurs pour le Pb.

3.2.4 VARIATION DE LA TENEUR EN ETMS SELON LES ORGANES CIBLÉS

L'organotropisme de teneurs en trois ETMs évalués (Hg, Cd et Pb) montre que, les têtes des poissons *Chanallabes sp* (figure 4A) accumulent des concentrations élevées des trois éléments traces métalliques avec une variation très hautement significative (Hg: F = 74878, p = 0,0000; LSD = 0,0561; Cd: F = 1357; p = 0,0000; LSD = 0,0188; Pb: F = 860, p = 0,0000; LSD = 0,0466) que les teneurs dosées dans les muscles de cette espèce de poisson. La même tendance a été observée chez le poisson *Protopterus dolloi* (figure 4B). L'analyse de la variance à un facteur appliqué aux teneurs des ETMs dans les organes de ce poisson a également montré une différence très hautement significative pour les concentrations en Hg (F = 101133, p = 0,0000; LSD = 0,0561), Cd (F = 102; p = 0,0000; LSD = 0,0188) et Pb (F = 990; p = 0,0000, LSD = 0,0466).

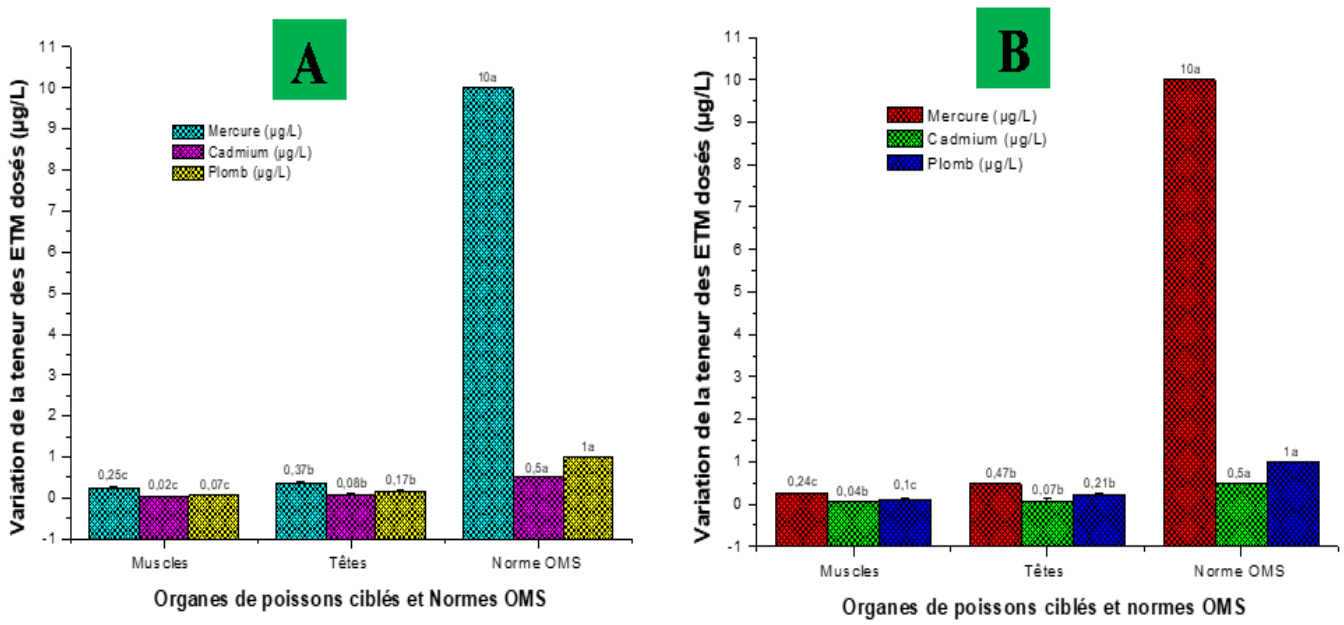


Fig. 4. Variation de la teneur d'ETMs dans les muscles et têtes de poissons Chanallabes sp (A) et Protopterus dolloi (B)

4 DISCUSSION

La présente étude a révélé la présence d'éléments traces métalliques étudiés (Hg, Pb et Cd) dans les muscles et les têtes des espèces des poissons fumés *Protopterus dolloi* et *Chanallabes sp* vendues dans le marché Baramoto dans la ville de Kinshasa, à des concentrations variables. Ces éléments traces étudiés sont considérés parmi les plus toxiques et les plus bioaccumulés dans les poissons [20]. La comparaison des teneurs globales moyennes observées chez les deux espèces des poissons a révélé que *Protopterus dolloi* (Hg = 0,79±0,1 µg/L; Cd = 0,41±0,32 µg/L; Pb = 0,33±0,01 µg/L) est l'espèce qui renferme significativement plus d'éléments traces que *Chanallabes sp* (Hg = 0,64±0,06 µg/L; Cd = 0,13±0,01 µg/L; Pb = 0,25±0,03 µg/L). Ceci s'expliquerait par la capacité physico-chimique de chaque métal à s'adsorber sur l'espèce ou de la nature et la quantité de combustibles utilisés pendant le fumage.

Contrairement aux résultats obtenus dans la présente étude, les études menées *in situ* par [21], [22] présentent des concentrations moyennes supérieures chez les poissons *Distichodus fasciolatus* (Pb = 12,48 mg/kg et Cd = 8,34 mg/kg), *Mormyrops anguilloïdes* (Pb = 28,91 mg/kg et Cd = 9,44 mg/kg) et *Schilbe mystus* (Pb = 75,22 mg/kg et Cd = 15,29 mg/kg) frais pêchés dans le fleuve Congo au Pool Malebo. Les teneurs moyennes relevées dans la présente étude restent également inférieures en comparaison avec celles relevées par [23] chez les poissons *Clarias gariepinus* (Pb = 0,16±0,01 à 0,26±0,03 mg/kg; Cd = 0,11±0,02 à 0,21±0,04 mg/kg) et *Oreochromis niloticus* (Pb = 0,23±0,08 à 0,25±0,09 mg/kg; Cd = 0,14±0,007 à 0,20±0,02 mg/kg) frais exploités dans le Pool Malebo (Fleuve Congo). Cette grande différence avec nos observations serait due essentiellement à la variation d'ETMs dans ce milieu, souvent considérés comme un dépotoir des décharges des grandes quantités des déchets urbains et industriels de toutes natures [24] dont certaines sont chargés en éléments traces. Par contre, les deux espèces de poissons expérimentées dans la présente étude proviennent de l'intérieur du pays notamment les provinces d'Equateur, Mai- Ndombe, Nord et Sud Ubangi, Mongala et autres selon les informations relevées par [16]. Dans la plupart de ces zones, les activités anthropiques (telles que les activités industrielles à grande échelle, déversement des immondices, des effluents et autres types des déchets) susceptibles de contribuer à la contamination et pollution des écosystèmes aquatiques ainsi que leurs ressources sont faiblement réalisées dans certaines zones et voir inexistante dans certaines d'autres. Ainsi, les poissons issus de ces plans d'eaux ne peuvent qu'être faiblement contaminés par des ETMs.

En se référant aux normes admises par [25] dans les produits de pêche, les teneurs détectés chez les deux espèces de poissons sous étude, restent inférieures aux limites maximales recommandées pour la consommation humaine (Hg = < 10 µg/L; Pb = 1 µg/L; Cd = 0,5 µg/L). Toutefois, la consommation de ces poissons ne reste sans danger pour les consommateurs au vue du processus de la bioaccumulation. Les manifestations cliniques des effets de ces ETMs sont principalement une altération des fonctions rénale, hépatique, cognitive et de la capacité de reproduction, des cancers et des modifications neurologiques [20]. La contamination des espèces aquatiques par les éléments traces métalliques est devenue à ces jours une préoccupation majeure [26] et, présentent un intérêt particulier en raison du risque potentiel pour la pérennité de ces espèces aquatiques [27] et la santé des populations qui les consomment [7], [28].

Les poissons fumés sont parmi les aliments les plus contaminés [29]. Quelques études similaires réalisées en Afrique corroborent avec les résultats de la présente étude dans la mesure où qu'ils confirment la présence des éléments traces métalliques dans les poissons

fumés. Au Mali, [26] ont montré une variation significative des teneurs en Hg et Pb avant et après la fumaison des poissons frais. Ces auteurs ont indiqué que 53,75% d'échantillons frais contenaient l'Hg et 71,25% étaient contaminés par le Pb et, après le fumage 100 % d'échantillons fumés contenaient l'Hg et 95% d'échantillons présentaient des traces de Pb. En outre, [26] relève encore que les poissons fumés à la bouse de vache contenaient des teneurs moyennes en Pb (0,248 mg/kg) inférieures à ceux fumés au bois d'Hévéa (Pb = 0,270 mg/kg). Ces observations confirment l'implication des combustibles utilisés dans le fumage des poissons, passant de 0,02 mg/kg à 0,285 mg/kg [26]. Cette variation confirme l'apport en ETMs par les combustibles utilisés dans le fumage des poissons selon [26]. Les mêmes auteurs signalent que, outre, les matériels, certaines pratiques des fumages peuvent également entrainer dans les poissons fumés, les éléments traces métalliques dangereux pour l'homme tel que les grillages sur la barrique circulaire qui pourrait être une source intrinsèque de plomb et de cadmium [26]. Le même constat a été fait par [30] chez trois espèces des poissons (*Euthynnus alletteratus, Sardinella maderensis* et *Scomber scombrus*) à forte consommation dans la ville d'Abidjan en Côte d'Ivoire. Les teneurs d'Hg, Cd et Pb signalées dans les muscles et têtes de poissons *Chanallabes sp* et *Protopterus dolloi* expérimentés dans cette étude seraient dues aux contaminations naturelles dans leur milieu de vie et surement aussi au processus de fumaison utilisant les bois de chauffe susceptible de libérer certains composés toxiques [27].

La variation des teneurs moyennes en éléments traces relevés dans les organes (têtes et muscles) des poissons fumés étudiés montre que la tête accumule une grande quantité des éléments traces que les muscles. Les concentrations élevées observées dans cet organe se justifient par le fait que la tête comprend des tissus potentiellement capables d'emmagasiner des grandes quantités en ETMs, comme les branchies. Ces observations sont proches de celles faites par [31] qui, ont obtenus des concentrations élevées de quelques ETMs (Al, Cu, Cd et Pb) dans les têtes de poissons *Marcusenius stanleyanus* et *Protopterus doloi* frais pêchés dans le Pool Malebo (Fleuve Congo) à Kinshasa. D'après [31], les têtes accumulent des concentrations plus élevées que les muscles, car elles possèdent des branchies qui filtrent une grande quantité d'ETMs environnants. Ainsi, en comparant dans l'ordre décroissant les teneurs globales des différents éléments (Hg > Pb > Cd), il apparait que le mercure est l'élément le plus accumulé dans les deux poissons fumés étudiés, suivi de Pb et le Cd.

5 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude avait pour objectif d'évaluer le niveau de contamination en ETMs (Pb, Cd et Hg) chez deux espèces de poissons *Protopterus dolloi* Boulanger, 1900 et *Chanallabes sp* fumés vendues dans le marché Baramoto et à forte consommation dans la ville de Kinshasa en République Démocratique du Congo. Les résultats obtenus ont révélé la présence des trois ETMs dans les muscles et les têtes de deux espèces de poissons fumés à des concentrations variables. Les concentrations les plus élevées ont été trouvées chez l'espèce *Protopterus dolloi.* Toutefois, les concentrations trouvées dans les deux espèces de poissons ont été inférieures à la norme préconisée par l'OMS. Malgré les faibles teneurs relevées dans cette étude, la consommation régulière de ces poissons représenterait un danger pour la population kinoise, et expose les consommateurs à des risques élevées pour leur santé. Tenant compte de l'importance nutritionnelle des poissons fumés dans l'alimentation humaine, la conduite des investigations ultérieures sont vivement souhaitées en vue d'étendre les recherches sur les autres ETMs toxiques notamment: l'arsenic, le nickel et l'aluminium ainsi que d'autres contaminants chimiques tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et les polychlorobiphényles. La conduite d'une étude comparative de la quantité et de la qualité des ETMs entre les poissons frais et fumés contribuera à mettre en évidence l'influence de la fumaison des poissons à l'aide des bois de chauffe en ce qui concerne la contamination en ETMs en vue de cerner le bienfondé de la mise en place des unités de conservation et transformation modernes des poissons par la fumaison.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement le personnel du Coalex Water Analysis Laboratoire pour leur collaboration dans l'analyse des échantillons des poissons fumés dans le cadre de cette étude.

REFERENCES

[1] Chadid A. Quantification des éléments traces métalliques (cadmium, plomb et mercure total) de certains produits de la pêche débarqués dans la zone Essaouira-Dakhla: Evaluation des risques sanitaires. Thèse de Doctorat, Université Ibn Zohr, Maroc, 19 p, 2016.

[2] El Hraiki A. Assessment of chlorinated hydrocarbons and trace metal contamination of Moroccan marine species. Thèse, Oregon State University, USA, 206 p, 1993.

[3] Vieira C., Morais S., Ramos S., Delerue M., Oliveir M.B.P.P. Mercury, cadmium, lead and arsenic levels in three species from the Atlantic Ocean: intraspecific variability and human health risks for consumption. *Food and Chemical Toxicology, 49: 923 – 932,* 2011.

[4] Cano - Sanho G., Sioen I., Vandermeersch G., Jacobs S., Robbens J., Nadai M., Domingo J.L. Isntegrated risk index for seafood contaminants (IRISC): pilot study in five european countries. *Environmental Research, 143: 109-15,* 2015.

[5] El Morhit M., Fekhaoui M., El Abidi A., Yahyaoui A. Contamination métallique des muscles de cinq espèces de poissons de l'estuaire du bas Loukkos (Côte Atlantique Marocaine). *Science Lib., 4: 2111 – 4706,* 2012.

[6] Olmedo P., Pla A., Hernandez A. F., Barbier F., Ayouni L., Gil F. Determination of toxic elements (mercury, cadmium, lead, tin and arsenic) in fish and shellfish samples. Risk assssment for the consumers. *Environmental International, 59: 63 – 72,* 2013.

[7] Guérin T. Determination of 20 trace elements in fish and other seafood from the French market. *Food Chemistry, 127 (3): 934 – 942,* 2010.

[8] Tuzen M. Toxic and essential trace elemental contents in fish species from the Black Sea, Turkey. *Food and Chemical Toxicology, 47 (8): 1785 – 1790,* 2009.

[9] Tuzen M. Determination of heavy metals in fish samples of the middle black sea by graphite fumace atomic absorption spectrometry. *Food Chemistry, 80: 119-123,* 2003.

[10] Mendil D., Demirci Z., Tuzen M., Soylac M. Seasonal investigation of trace element contents in commercially valuable fish species from the Black sea, Turkey. *Food and Chemical Toxicology, 48 (3): 865 – 870,* 2010.

[11] Katemo M.B., Colinet G., André L., Chocha M.A., Marquet J., Micha J. Evaluation de la contamination de la chaine trophique par les éléments traces (Cu, Co, Zn, Pb, Cd, U, V et As) dans le bassin de la Lufira supérieure (Katanga/RD Congo); *Tropicultura, 28 (4): 246-252,* 2010.

[12] Kashimbo K.S., Mukanya S.S., Mukoj K.A., Mwenge T.L., Kesonga N.M., Meli K., Kiyukeno K.Y. Etudes d'impacts des rejets liquides de l'usine STL (Société de Terril de Lubumbashi) sur la rivière Lubumbashi (Haut-Katanga/D.R. Congo). *International Journal of Innovation and Scientifique Research., 21: 285-292,* 2016.

[13] World Fish Center (WFC). Le poisson et la sécurité alimentaire en Afrique. Egypte, 2 p, 2005.

[14] Hogbonouto E.B. Caractérisation des techniques de fumage des poissons au sud du Bénin. Rapport de fin de formation pour l'obtention du diplôme de licence Professionnelle en Production et Santé Animales, Ecole Polytechnique d'Abomey Calavi, Bénin, 45 p, 2016.

[15] El Ayoubi H. & Failler P. Rapport n°5 de la nature de l'industrie des pêches et de l'aquaculture dans la zone de la COMHAFAT. Disponible sur; https://www.reseachgate.net/publication/277776052, 2013.

[16] Lusasi S.W., Manza R.K., Bipendu M.N., Kavumbu M.S., Munganga K.C., Gafuene N.G., Pwema K.V. Analysis of the ichtyological composition of smoked fish sold in the Liberté and Gambela markets in Kinshasa, Democratic Republic of Congo. *Agriculture Science, 2 (2): 69-79. https://doi.org/10.30560/as.v2n2p69,* 2020.

[17] Lusasi S.W., Manza K.R., Munganga K.C., Pwema K.V. Contribution à la connaissance des modes de transformation et conservation des poissons locaux vendus dans les marchés de la ville de Kinshasa, R.D Congo. *European Scientific Journal, In Presse,* 2026.

[18] Saville D.J. Multiple comparaison procedures: the pratical solution. *American Statistician, 44 (2): 174-180,* 1990.

[19] Scherrer B. Biostatistique. *Gaëtan Morin: Québec,* 850 p, 1984.

[20] Bellouard M. Contamination du poisson par les métaux lourds et risque sanitaire. Toxicologie Analytique et Clinique, 35 (2): 16-17. https://doi.org/10.1016/j.toxac.2023.03.016, 2023.

[21] Nsimanda I.C., Musibono E.D., Basosila L. N., Wanga B.M.B. Etude préliminaire de la contamination au cadmium et au plomb de *Distichodus fasciolatus, Mormyrops anguilloides* et *Schilbe mystus* au Pool Malebo (Fleuve Congo - Kinshasa/R. D Congo) à Kinsuka. *International Journal of Innovation and Applied Studies, 10 (1): 176 – 183,* 2015a.

[22] Nsimanda I.C., Musibono E.D., Basosila L.N., Wanga B.M.B. Contribution à l'étude écotoxicologique du cadmium et du plomb dans *Distichodus fasciolatus, Mormyrops anguilloides* et *Schilbe mystus* au Pool Malebo (fleuve Congo - Kinshasa/R. D Congo) à Maluku. *International Journal of Innovation and Applied Studies, 10 (1): 166 – 175,* 2015b.

[23] Nakweti K.J., Lusasi S.W., Tembeni M.J. Evaluation des teneurs en éléments traces métalliques (Cadmium et Plomb) dans l'eau, les sédiments et deux espèces de poissons *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) et *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758) dans le Pool Malebo (Fleuve Congo), R.D Congo. *European Scientific Journal, 17 (25): 174-192. https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p174,* 2021.

[24] Masua T.B., Lusasi S.W., Kayembe S.J., Pwema K.V., Musibono E.A.D. Types des macroplastiques et leurs impacts sur les activités de pêche dans la rivière N'djili, Kinshasa (R.D Congo). *Journal of Applied Biosciences, 185: 19484- 19503. https://doi.org/10.35759/JABs.185.10,* 2023.

[25] OMS. Liste provisoire des principales espèces de poissons faisant l'objet d'un commerce internationales (y compris les propositions concernant des concentrations maximales de plomb dans différentes espèces de poissons). *Trente septièmes sessions, La Haye, Pays-Bas, 4 p,* 2006.

[26] Konate Y., Coulibaly S., Harby A., Maiga F., Diarra D., Sako M., Traore M.S., Coulibaly M. Etude de deux métaux lourds dans le poisson de fleuve au Mali. *Mali Médical, 31 (3): 7-16,* 2016.

[27] Koné S. Fumage du poisson et fours de fumage. Fiche Technique: F029f.pdf/doc, Ingo Gate, 17 p. Disponible sur: *Fumage du poisson et fours de fumage.pdf (doc-developpement-durable.org),* 2001.

[28] Youssao A., Soclo H.H., Bonou C., Fayomi B. Evaluation de la bioaccumulation du plomb dans les espèces animales marines et identification des sources de ma contamination métallique par une analyse multi élémentaire en métaux (Al, Cd, Cr, Cu et Pb) dans les eaux côtières du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci 5 (1): 188 – 195,* 2011.

[29] Fatime S. Poisson braisé, poulet braisé, choukouya: attention, le charbon de bois de fumage tue. *Disponible sur: http://news.abidjan.net/h/451185.html, 2013.*

[30] Money M.Y.U. Impacts de la technique de fumage sur la teneur en éléments traces métalliques (Cd, Hg et Pb) des trois de poissons à forte consommation dans la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire) et effets toxicologiques chez les rats Wistar. Thèse de Doctorat en Biologique Fonctionnelle et Moléculaire, Université Felix Houpouet Boigny, Cote d'Ivoire, 298 p, 2022.

[31] Lusasi S.W., Baibangaka M.M., Nakweti K.J., Bipendu M.N., Unyumbe Y.K.B., Pwema K.V. Niveau de contamination par les éléments traces métalliques (Aluminium, Cuivre, Cadmium et Plomb) dans l'eau, le sédiment et deux espèces de poissons (*Marcusenius stanleyanus* Boulenger, 1897 et *Protopterus dolloi* Boulanger, 1900) du Pool Malebo à Kingabwa (Kinshasa, RD Congo). *Rev. Cong. Sci. Technol., 3 (4): 465 – 477. https://doi.org/10.59228/rcst.024.v3.i4.113,* 2024.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 952-961
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Compétition entre *Prostephanus truncatus* Horn, 1878 (Coleoptera, Bostrichidae) et *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera, Curculionidae) sur une longue période de stockage de grains de maïs

[Competition between *Prostephanus truncatus* Horn, 1878 (Coleoptera: Bostrichidae) and *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) during Long-Term Storage of Maize Grains]

Ali Oura[1-3], Marcellin Yamkoulga[2], Antoine Waongo[3], Fousséni Traore[3], Zakaria Ilboudo[1], and Antoine Sanon[1]

[1]Laboratoire d'Entomologie Fondamentale et Appliquée (LEFA), UFR, SVT, Université Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso

[2]Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Station de recherche de Saria, BP 10 Koudougou, Burkina Faso

[3]Laboratoire Central d'Entomologie Agricole de Kamboinsé (LCEAK), Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 01 BP 476 Ouagadougou 01, Burkina Faso

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

ABSTRACT: *Sitophilus zeamais* and *Prostephanus truncatus* are the major pests of maize and can simultaneously infest maize grains during storage. This study aimed to evaluate the effect of interspecific competition on the feeding and reproductive behavior of *P. truncatus* and *S. zeamais* over a six-month period. To achieve this, maize grains were simultaneously infested with the two pests at different ratios, representing the following treatments: 25 *P. truncatus* – 25 *S. zeamais,* 25 *P. truncatus* – 50 *S. zeamais,* and 50 *P. truncatus* – 25 *S. zeamais*. A significant increase in the number of *S. zeamais* offspring was observed compared to *P. truncatus*. Moreover, *S. zeamais* caused the highest rates of grain perforation and weight loss. Within the same maize stock, the feeding and reproductive behavior of *S. zeamais* did not appear to be affected by the presence of *P. truncatus*. The mixed-population treatment of 25 *P. truncatus* – 50 *S. zeamais* caused the most damage, whereas the 25 *P. truncatus* – 25 *S. zeamais* treatment resulted in the lowest grain weight loss and perforation rates. These results indicate that interspecific competition influences infestation dynamics, damage levels, and weight losses caused by these two pests.

KEYWORDS: maize, behavior, interspecific competition, *Prostephanus truncatus, Sitophilus zeamais.*

RESUME: *Sitophilus zeamais* et *Prostephanus truncatus* constituent les insectes ravageurs majeurs du maïs qui peuvent infester simultanément les grains de maïs durant le stockage. Cette étude a consisté à évaluer l'effet de la compétition sur le comportement alimentaire et de reproduction de *P. truncatus* et *S. zeamais* sur une période de six (6) mois. Pour ce faire, des infestations simultanées des grains de maïs avec ces deux ravageurs sous différents ratios constituant les différents traitements que sont: 25 *P. truncatus* – 25 *S. zeamais,* 25 *P. truncatus* – 50 *S. Zeamais* et 50 *P. truncatus* – 25 *S. zeamais,* ont été effectuées. On constate une augmentation importante du nombre de descendants de *S. zeamais* par rapport à ceux de *P. truncatus*. Il est aussi ressorti que *S. zeamais* est le ravageur qui a occasionné les taux de perforation des grains et perte de poids les plus importants. Dans le même stock de maïs, le comportement alimentaire et de reproduction de *S. zeamais* ne semble pas être affecté par la présence de *P. truncatus.* Le traitement constitué de populations mixtes de 25 *P. truncatus* – 50 *S. zeamais* est celui qui a provoqué le plus de dégât au maïs. En revanche, celui constitué de 25 *P. truncatus* – 25 *S. zeamais,* a occasionné les plus faibles taux de perte de poids des grains de perforation les plus faibles. Ces résultats indiquent que la compétition interspécifique semble influencer la dynamique d'infestation, les niveaux de dommages et les pertes de poids dus aux deux ravageurs.

MOTS-CLEFS: maïs, comportement, compétition interspécifique, *Prostephanus truncatus, Sitophilus zeamais.*

Corresponding Author: Ali Oura

1 INTRODUCTION

Le maïs (*Zea mays* L.) est devenu la principale céréale cultivée au Burkina Faso depuis 2021 [1]. Il constitue l'une des principales céréales qui contribue à améliorer le revenu des producteurs et à lutter contre l'insécurité alimentaire. Cependant, la gestion post récolte de cette céréale demeure toujours problématique du fait de l'action déprédatrice des insectes ravageurs. A l'échelle mondiale les pertes post-récoltes des céréales attribuées aux insectes sont estimées à environ 10% [2]. En Afrique la situation est encore plus critique surtout dans les pays en voie de développement comme le Burkina Faso où les pertes post-récoltes sont estimées à plus de 30% [3], [4] et la grande majorité des dégâts est attribuée aux insectes. Le maïs est particulièrement vulnérable aux pertes post-récoltes. Celles-ci peuvent atteindre 20 à 40 % du stock en quelques mois de conservation en l'absence de mesures de protection adéquates [5] et [6]. Les principaux insectes responsables de ces pertes sont le charançon du maïs, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera, Curculionidae) et le grand capucin des grains, *Prostephanus truncatus* Horn, 1878 (Coleoptera, Bostrichidae) qui provoquent à la fois une réduction quantitative (perte de masse et de volume des grains) et qualitative (baisse du pouvoir germinatif, contamination par les mycotoxines) [7] et [8]. Ces dommages compromettent non seulement la sécurité alimentaire des ménages, mais entraînent également des pertes économiques importantes pour les producteurs.

Les pertes pondérales dues à ces deux ravageurs sont estimées entre 15 à 35% des récoltes après six à huit mois de stockage [9], [10], [11], [12]. Plusieurs travaux ont mis en évidence la présence simultanée de *Prostephanus truncatus* et *Sitophilus zeamais* dans les stocks de maïs [13] et [14]. Cette co-infestation par ces deux ravageurs suggère une interaction écologique et économique importante dans les systèmes de stockage. Toutefois, les mécanismes précis régissant le processus d'infestation, la dynamique des populations ainsi que l'évolution des dommages et des pertes post-récoltes restent encore insuffisamment élucidés. Une étude menée dans les conditions de laboratoire en Tanzanie a montré que quel que soit le niveau d'infestation initiale du maïs par *P. truncatus* et *S. zeamais, S. zeamais* est l'espèce qui produit le plus de descendants [15]. Des études antérieures menées au Burkina Faso ont mis en évidence la présence simultanée de *Prostephanus truncatus* et *Sitophilus zeamais* dans les stocks de maïs [13] et [14]. Partant de ce constat, la présente étude propose d'infester expérimentalement des grains de maïs avec différents ratios de *P. truncatus* et *S. zeamais* afin de mieux appréhender la dynamique de co-infestation, ainsi que d'évaluer l'évolution des dommages et des pertes occasionnés sur une période de six mois.

2 MATERIELS ET METHODE

2.1 SITE D'ETUDE

Cette étude a été menée à l'Institut de l'Environnement et des Recherches Agricoles (INERA), au Laboratoire Central d'Entomologie Agricole de Kamboinsé (LCEA-K) sous une photopériode de 12 h de lumière et de 12 h d'obscurité. Durant la période de l'étude, la température minimale du laboratoire était de 25,3 °C et celle maximale de 34,9 °C. Les taux d'humidité minimale et maximale ont été respectivement de 45% et 93%.

2.2 ORIGINE ET ELEVAGE DE MASSE DE P. TRUNCATUS ET S. ZEAMAIS AU LABORATOIRE

Les souches de *P. truncatus* et *S. zeamais* utilisées au cours de cette étude sont issues des élevages de masse établie au LCEA-K par le truchement d'élevages successifs sur une variété locale de maïs à grains blancs. L'élevage de masse de chaque espèce a été réalisé dans des boîtes en plexiglass (L=18, l=11, H=4 cm) dans lesquels étaient introduits des grains sains de la variété locale de maïs. Les bocaux étaient refermés par une toile moustiquaire maintenue par un bracelet. Environ 200 individus adultes de *P. truncatus* et *S. zeamais* issus de la colonie de laboratoire et nouvellement émergés ont été utilisés pour infester séparément 200 g de grains sains de maïs. Les individus sont retirés dix (10) jours plus tard et les grains infestés sont suivis jusqu'à l'émergence d'insectes de la nouvelle génération au bout de 50 à 60 jours. Le même processus est répété périodiquement pour maintenir les élevages.

2.3 MATERIEL VEGETAL

Le matériel végétal était constitué d'une variété locale de maïs à grains blanc. Le maïs a été trié, lavé et séché au soleil puis placé au congélateur pendant deux semaines pour éliminer toute forme d'infestation initiale.

2.4 ETUDE EXPERIMENTALE

2.4.1 TRAITEMENTS EFFECTUES

L'étude de la compétition entre *P. truncatus* et *S. zeamais* a consisté à infester 2 kg de grains de maïs sains contenus dans des contenants en plastique de 5 litres de capacité suivant cinq (5) modes de traitements selon la méthodologie décrite par [15]. Les différents tests ont été réalisés avec des individus de *P. truncatus* et de *S. zeamais* non sexés. Les traitements (T) effectués sont:

- T1: infestation simultanée des grains de maïs avec 25 individus adultes de *P. truncatus* et 25 individus adultes de *S. zeamais* (ratio 1: 1);

- T2: infestation simultanée des grains de maïs avec 50 individus adultes de *P. truncatus* et 25 individus adultes de *S. zeamais* (ratio 2: 1);
- T3: infestation simultanée des grains de maïs avec 25 individus adultes de *P. truncatus* et 50 individus adultes de *S. zeamais* (ratio 1: 2).
- T4: infestation des grains de maïs avec uniquement 25 individus de *P. truncatus*
- T5: infestation des grains de maïs avec uniquement 25 individus de *S. zeamais*

Pour chaque traitement, quatre (4) répétitions ont été effectuées. Cette expérience a duré six (6) mois.

2.4.2 ÉVALUATION DE LA DYNAMIQUE DE POPULATIONS ET DES DEGATS CAUSES PAR LES RAVAGEURS

A partir du trentième jour après infestation, le contenu de chaque bocal a été tamisé pour recueillir et dénombrer les individus morts et vivants de chaque espèce. Un échantillon de 1000 grains a été prélevé de chaque bocal de façon aléatoire pour évaluer les dégâts. Le même procédé a été répété tous les 30 jours jusqu'à la fin du test. Pour chaque échantillon prélevé:

✓ Les grains de maïs intacts (non endommagés) ont été comptés puis pesés. Ensuite, les grains de maïs endommagés par chacune des deux espèces ont été séparés, comptés puis pesés. Le type de dégâts causés par *P. truncatus* et *S. zeamais* a été identifié à l'aide d'une loupe. En effet les adultes de *P. truncatus* percent des trous nets dans les grains de maïs, tandis que ceux de *S. zeamais* font des trous irréguliers [15].

Ainsi pour chaque espèce, les taux de perforation et de perte de poids ont été déterminés par les formules suivantes:

– Taux de perforation (Tp) déterminé selon la formule suivante:

$$(Tp) = \frac{nombre\ de\ grains\ perforés}{Nombre\ total\ de\ grains} \times 100$$

– Taux de perte de poids déterminé selon la formule suivante: [16] et [17]

$$Tpp = \frac{(A \times D) - (C \times B)}{A \times (B + D)} \times 100$$

Avec A = Poids des grains intacts, B = Nombre de grains intacts, C = Poids des grains abimés,

D = Nombre de grains abimés

– Tous les mois, pendant 6 mois, les individus morts et vivants de chaque espèce ont été dénombrés afin de déterminer:

- La population totale de chaque espèce.
- Le taux d'accroissement naturel intrinsèque **(r_m):** qui exprime l'évolution du potentiel reproducteur des insectes au cours du stockage dont la formule: [18]

$$rm = \frac{1}{t} \ln\left(\frac{Nt}{Ni}\right)$$

Avec: t = durée du stockage; Nt = effectif des insectes après le temps t de stockage; Ni = effectif initial des insectes au début du stockage.

2.5 ANALYSES STATISTIQUES DES DONNEES

Les données collectées lors de l'enquête et l'inventaire ont été saisies dans le tableur Excel 2016 qui a par la suite servi à calculer les différentes proportions des réponses aux questions posées et de construire les différents graphiques. Ces différents paramètres mesurés ont fait l'objet d'une analyse de variance (ANOVA) avec le logiciel SAS version 9.1. Lorsque les ANOVA étaient significatives les moyennes ont été comparées à l'aide du test de Student Newman-Keuls au seuil de significativité de 5%.

3 RESULTATS

3.1 DYNAMIQUE DES POPULATIONS DE P. TRUNCATUS ET DE S. ZEAMAIS EN SITUATION D'INFESTATION MIXTE

La figure 1 montre l'accroissement des populations de *P. truncatus* et de *S. zeamais* pendant six (6) mois dans une situation de compétition interspécifique, avec un rapport initial entre les deux espèces de 1: 1 (Figure 1A); de 2: 1 en faveur de *S. zeamais* (Figure 1B) et 1: 2 en faveur de *P. truncatus* et de 25 individus de *S. zeamais* (Figure 1C). Quel que soit le ratio initial, on constate que la population de *S. zeamais* est significativement supérieure à celle de *P. truncatus* à partir du deuxième mois jusqu'à la fin des observations. Après six

mois de stockage, la population de *S. zeamais* passe de 25 à 1400 individus en moyenne et de 50 à environ 2500 individus. En revanche, les populations de *P. truncatus* augmentent faiblement avec un effectif final variant entre 400 et 600 individus au bout de six mois.

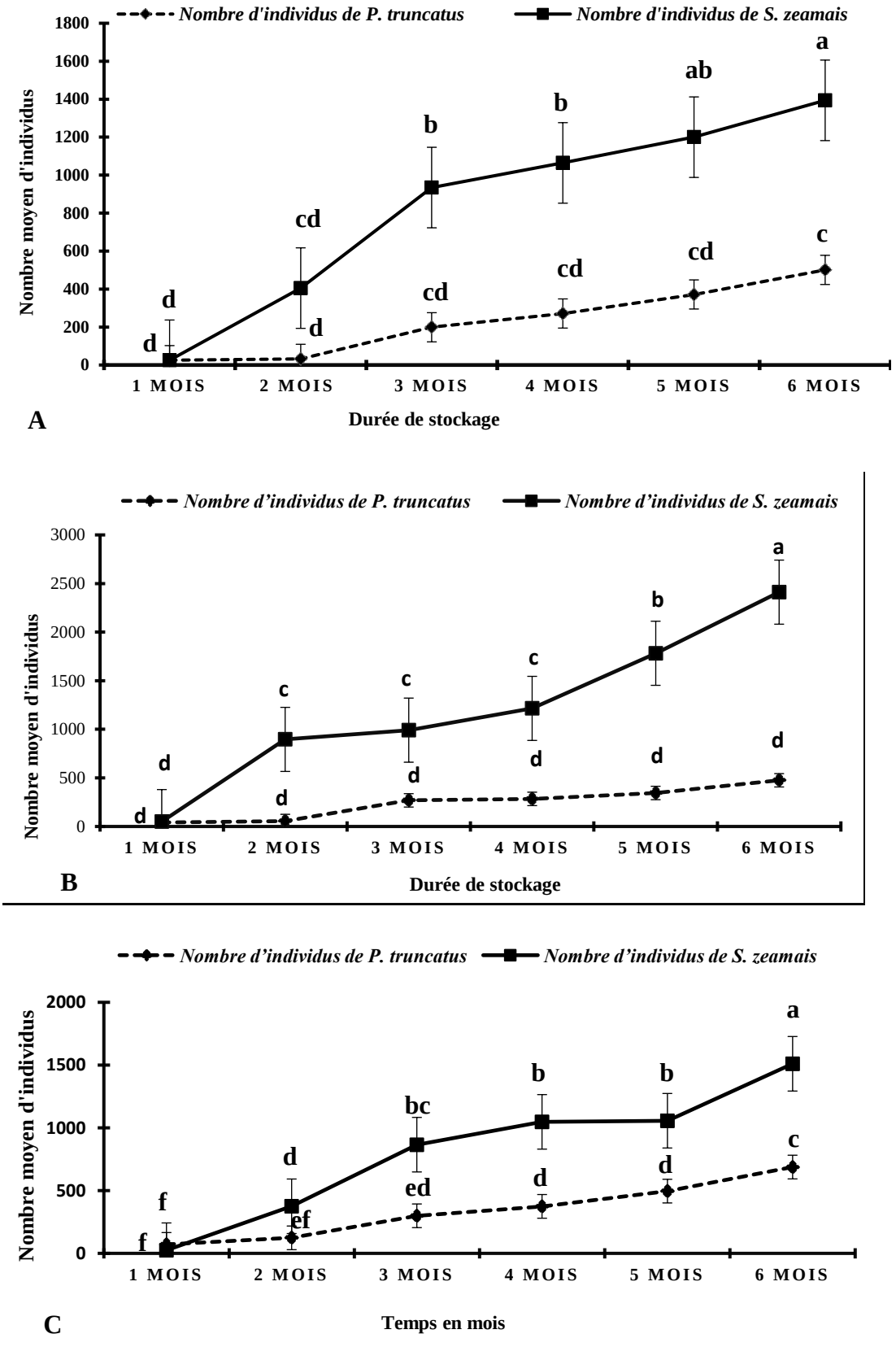


Fig. 1. Population cumulée d'insectes: A. Population mixte de 25 P. truncatus et 25 S. zeamais; B. Population mixte de 25 P. truncatus et 50 S. zeamais; C-Population mixte de 50 P. truncatus et 25 S. zeamais

Dans tous les types d'infestation, les taux d'accroissement intrinsèque des populations de *S. zeamais* ne diffèrent pas (P > 0,05). Il en est de même pour les populations de *P. truncatus.* Quel que soit le ratio initial, les taux d'accroissement des populations de *S. zeamais* sont supérieurs à ceux de *P. truncatus* (P < 0,0001). Les populations de *S. zeamais* croissent donc plus vite que celle de *P. truncatus* (Tableau 1)

Tableau 1. Taux d'accroissement des populations de S. zeamais et de P. truncatus dans une infestation mixte

Ratio d'infestation	*S. zeamais*	*P. truncatus*	*P*
25 *P. truncatus* + 25 *S. zeamais*	0,66 ± 0,008 A^a	0,49 ± 0,03 A^b	***< 0,0001***
25 *P. truncatus* + 50 *S. zeamais*	0,64 ± 0,010 A^a	0,48 ± 0,02 A^b	***< 0,0001***
50 *P. truncatus* + 25 *S. zeamais*	0,68 ± 0,015 A^a	0,43 ± 0,007 A^b	***< 0,0001***
P	***0,1444***	***0,2370***	

Dans une même colonne, les moyennes (± déviation standard) suivies par la même lettre alphabétique majuscule ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5% (Test de Student-Newman-Keuls).

Sur une même ligne, les moyennes (± déviation standard) suivies par la même lettre alphabétique minuscule ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5% (Test de Student-Newman-Keuls)

3.2 EFFET DE LA COMPETITION INTERSPECIFIQUE SUR LA POPULATION DE P. TRUNCATUS ET DE S. ZEAMAIS APRES SIX MOIS.

Le nombre d'individus de *P. truncatus* et de *S. zeamais* varie significativement d'un traitement à l'autre (P < 0,05) (figure 2). Il n'y a pas une différence significative entre les populations finales de *P. truncatus* dans le traitement témoin (*P. truncatus*) et le traitement au ratio initial de 50 *P. truncatus* et 25 *S. zeamais* (figure 2A). Cependant la population finale obtenue dans le traitement témoin (*P. truncatus*) est supérieure à celles obtenues dans les traitements aux ratios initiaux de 25 *P. truncatus* - 50 *S. zeamais* et 25 *P. truncatus* – 25 *S. zeamais.*

Nous constatons une production importante de la population finale de *S. zeamais* dans le traitement 25 *P. truncatus* et 50 *S. zeamais* que dans tous les autres traitements y compris le témoin *S. zeamais.* La compétition n'a donc pas eu d'effet sur la production de la population de *S. zeamais* (Figure 2B)

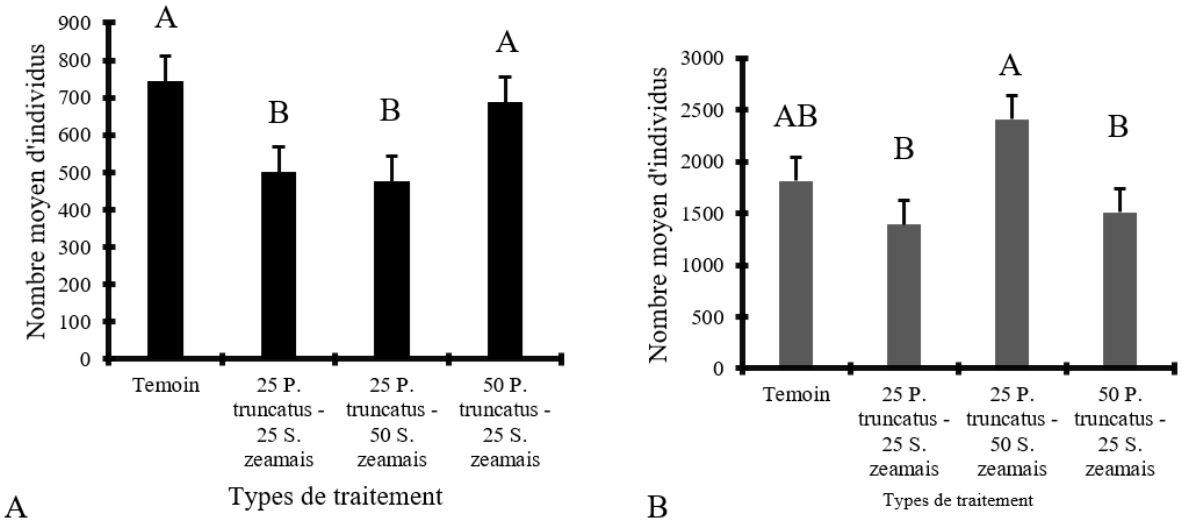


Fig. 2. Nombre total moyen d'individus de chaque espèce en fonction des types de traitement après six (6) mois. A: P. truncatus; B: S. zeamais

3.3 EFFET DE LA COMPETITION ENTRE P. TRUNCATUS ET S. ZEAMAIS SUR LA QUALITE DES GRAINS DE MAÏS

Dans tous les scenarii d'infestation, *S. zeamais* est l'espèce qui cause le taux de perforation et le taux de perte de poids le plus élevé aux grains de maïs durant les six (6) mois d'entreposage (Tableau 2). Par contre pour le taux de perte en poids, *S. zeamais* a occasionné deux fois plus de pertes en poids uniquement pour le ratio 25 *P. truncatus* + 50 *S. zeamais*.

Tableau 2. Dégâts dus à P. truncatus et S. zeamais après six mois de stockage en situation d'infestation mixte

Ratio d'infestation	Taux de perforation (%)			Taux de perte de poids (%)		
	P. truncatus	*S. zeamais*	*P*	*P. truncatus*	*S. zeamais*	*P*
25 *P. truncatus* + 25 *S. zeamais*	25,1 ± 4,59 a	38,6 ± 7,861 b	***0,0076***	9,084 ± 1,466 a	12,654 ± 5,124 a	***0,084***
50 *P. truncatus* + 25 *S. zeamais*	31 ± 5,740 a	47,625 ± 5,067 a	***0,0724***	10,66 ± 2,687 a	16,427 ± 3,691 a	***0,1447***
25 *P. truncatus* + 50 *S. zeamais*	26,17 ± 2,144 a	55,125 ± 4,571 b	***0,0018***	11,827 ± 1,643 a	26,034 ± 2,833 b	***0,0045***

Dans une même colonne, les moyennes (± déviation standard) suivies par la même lettre alphabétique majuscule ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5% (Test de Student-Newman-Keuls)

3.4 DEGATS DUS P. TRUNCATUS ET S. ZEAMAIS EN FONCTION DES DIFFERENTS TYPES DE TRAITEMENT

Le taux de perforation dû à *P. truncatus* et *S. zeamais* dans les différents traitements après six (6) mois de stockage est significativement différent en fonction des types de traitement (P < 0,05). Quel que soit le scenario d'infestation mixte, les taux de perforation sont environ deux fois inférieurs aux témoins *P. truncatus* et *S. zeamais* (Figure 3).

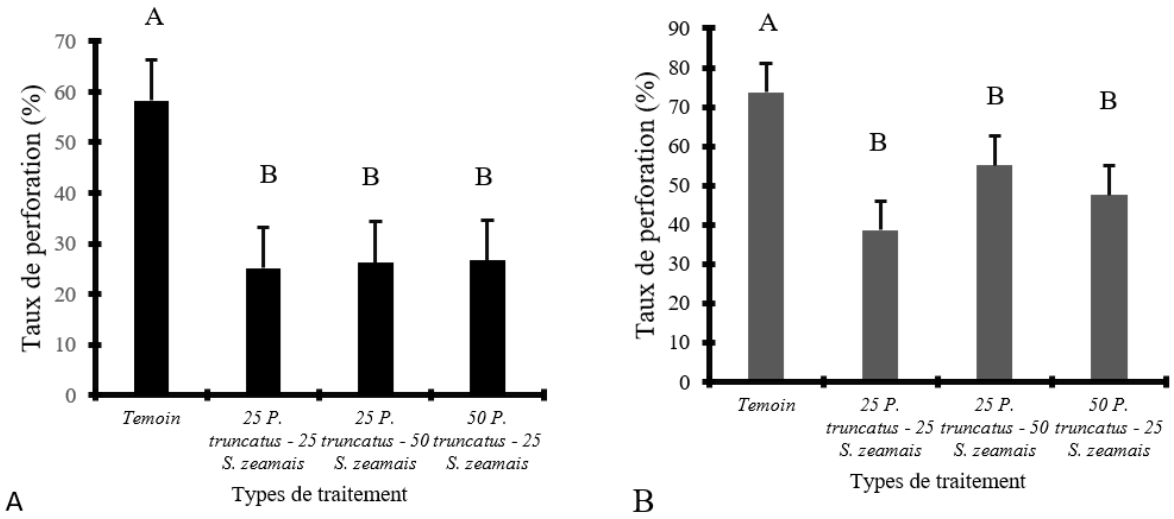


Fig. 3. Taux de perforation du maïs dus à chaque espèce en fonction des types de traitement après six (6) mois de conservation. A: P. truncatus – B: S. zeamais

Le taux de perte de poids dû à *P. truncatus* et *S. zeamais* est différent en fonction des types de traitement (P < 0,05) (Figure 4). Les pertes en poids dues à *P. truncatus* sont deux fois inférieures à celles observées dans les scenarii d'infestation mixte par rapport au témoin, ou les grains de maïs ont été infestés avec *S. zeamais* uniquement. Les pertes occasionnées par *S. zeamais* en situation d'infestation mixte ont été significativement plus élevées pour le ratio 25 *P. truncatus* + 50 *S. zeamais*. En revanche, lorsque le nombre d'individus initial de *S. zeamais* dans les situations d'infestation mixte était le même que celui du témoin, on n'a pas observé de différences significatives du taux de pertes de poids.

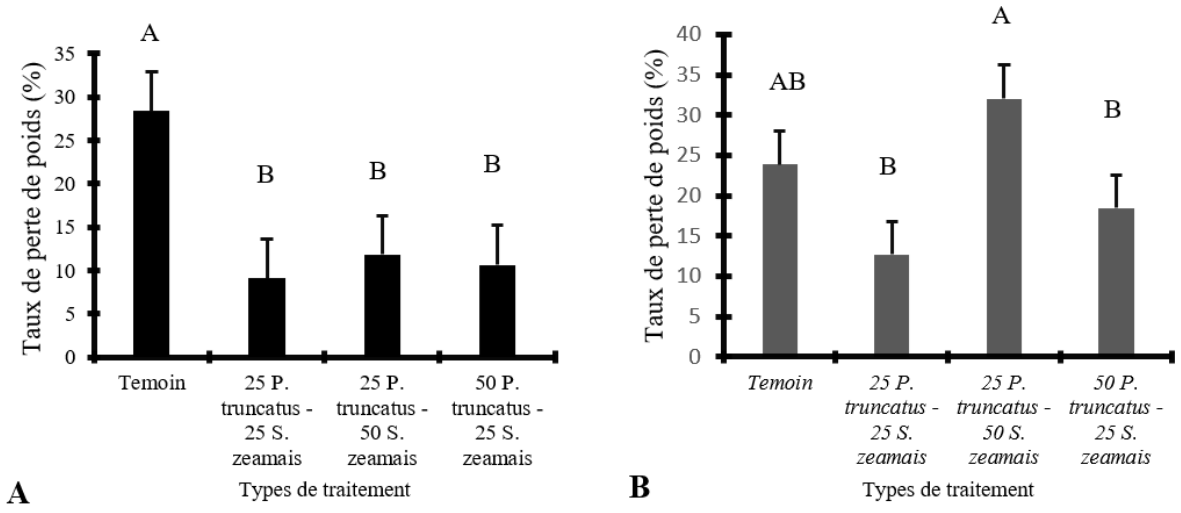


Fig. 4. ***Taux de perte de poids dus à chaque espèce en fonction des types de traitement après six (6) mois de conservation A: P. truncatus; B: S. zeamais***

3.5 DEGATS CUMULES PROVOQUES PAR P. TRUNCATUS ET S. ZEAMAIS EN FONCTION DES TRAITEMENTS APRES SIX MOIS DE STOCKAGE.

Les taux de perforation et de perte de poids sont significativement différents en fonction des types de traitement ($P < 0,05$) (Figures 5 et 6). Le taux de perforations cumulés des deux espèces de ravageurs en situation d'infestation mixte est similaire à celui occasionné par *S. zeamais* mais significativement inférieur à celui observé sur les grains infestés par *P. truncatus* uniquement (Figure 5). Pour le taux de pertes en poids (Figure 6), le ratio 25 *P. truncatus* – 50 *S. zeamais* a occasionné le taux de perte en poids cumulé le plus élevé.

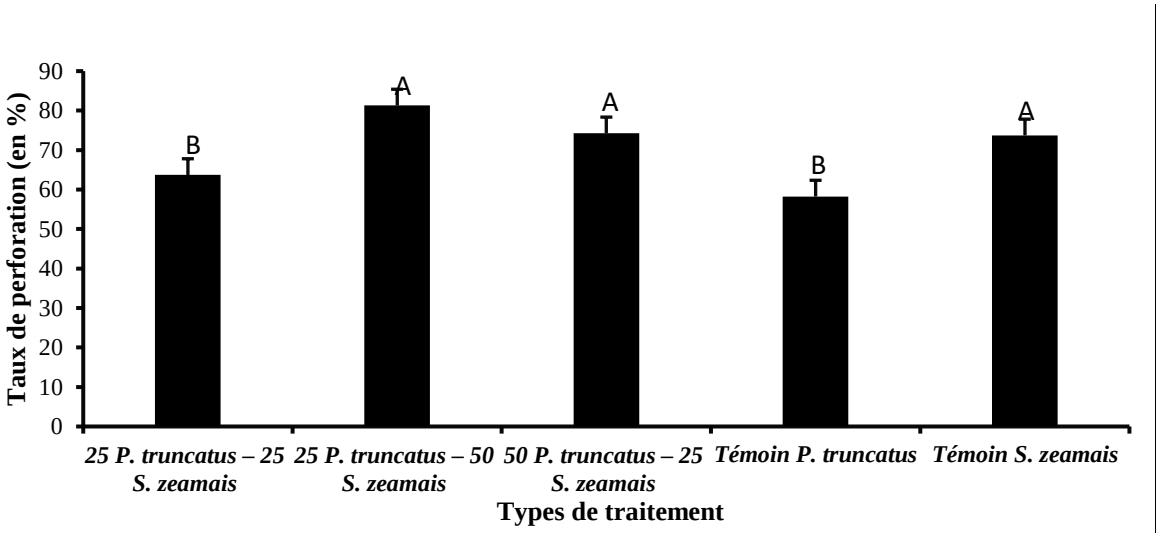


Fig. 5. ***Taux de perforation dus aux 2 ravageurs en fonction des types de traitement***

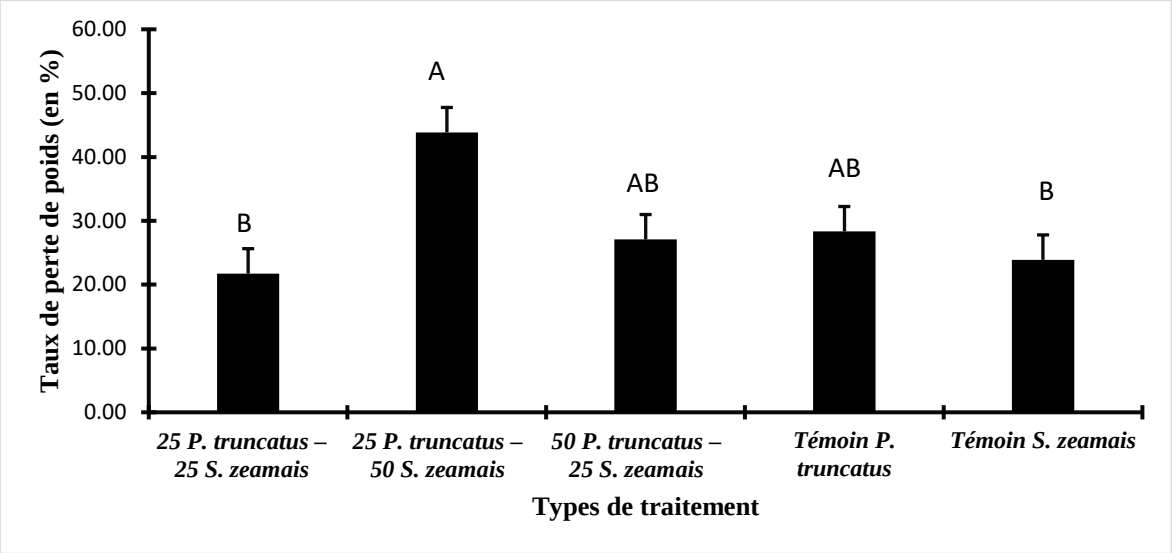


Fig. 6. Taux de perte de poids dû aux 2 ravageurs en fonction des types de traitement

4 DISCUSSION

Les résultats obtenus en compétition interspécifique entre *S. zeamais* et *P. truncatus,* montrent que pour tous les types d'infestation *S. zeamais* est l'espèce qui se développe mieux après six (6) mois de stockage par rapport à *P. truncatus*. Le même constat a été fait par [15]. Une étude a montré que la population de *P. truncatus* est négligeable durant les trois premiers mois de stockage [19]. D'autres travaux ont aussi montré que le développement de *P. truncatus* était plus lent sur les grains de maïs décortiqués que sur les épis de maïs, mais le genre *Sitophilus* se développe mieux sur les grains de maïs décortiqués que sur les épis de maïs [20]. Aussi des travaux ont montré que les larves de *S. zeamais* ont un effet suppressif sur les larves de *P. truncatus*. En effet, des auteurs ont montré que les individus des derniers stades larvaires de *S. zeamais* peuvent tuer ceux de *P. truncatus* dans les grains de maïs [21]. Ceci pourrait expliquer le nombre élevé de la progéniture de *S. zeamais* par rapport à celle de *P. truncatus.*

Le nombre de grains endommagés par *P. truncatus* est moins élevé que celui occasionné par *S. zeamais* dans tous les cas d'infestation mixte. Les études de [22] ont montré que le développement de *P. truncatus* est perturbé par la présence de *S. zeamais*. Selon ces mêmes études, les grains infestés par *S. zeamais* sont reconnus par les femelles de *P. truncatus* si bien qu'elles pondent très peu d'œufs sur ces grains, donc provoquent moins de dégâts sur ces grains. Des travaux réalisés par [20] et [23] ont montré que *S. zeamais* est meilleur compétiteur et avait un effet suppressif sur *P. truncatus*. Ce qui explique le faible taux de grains attaqués par *P. truncatus* par rapport à *S. zeamais.*

Lors de l'infestation simultanée de *P. truncatus* et *S. zeamais* pour les 3 ratios, les dommages au maïs reflétés par la perte de poids des grains causée par les deux insectes nuisibles après six (6) mois, étaient tels que la plus grande perte était causée par *S. zeamais*. Cela pourrait s'expliquer par le nombre d'individus nouvellement émergés. Des études ont montré que les dommages dus aux insectes durant le stockage dépendent du nombre d'individus qui émergent durant chaque génération [24]. Ce qui pourrait expliquer le taux élevé de dégâts dus à *S. zeamais.* [25] ont montré que chez le genre *Sitophilus,* le grincement des mandibules à l'intérieur du grain produit des sons distincts. Ces bruits pourraient être détectés par *P. truncatus,* le dissuadant de percer des galeries dans ces grains infestés depuis plusieurs semaines. Des auteurs ont également montré l'existence de substances dissuasives sur les grains infestés par *S. zeamais* [26]. Il semble donc probable que ces substances repousseraient les individus de *P. truncatus*. Ce qui est en adéquation avec les résultats de [27] qui ont montré que des substances répulsives émises par les femelles de *Sitophilus* sp. lors de la ponte, auraient pour effet d'empêcher la contamination du grain par d'autres insectes. *S. zeamais* perturberait de cette manière les attaques de *P. truncatus* et partant, la sélection des grains-hôtes par cette dernière espèce. Ce qui pourrait donc expliquer les taux de perforation et de perte de poids dus à *S. zeamais* supérieurs à ceux induits par *P. truncatus.* Plusieurs substances secrétées par le charançon du maïs ont déjà été identifiées [28]; notamment, la phéromone d'agrégation (R, S) -5-hydroxy-4- methyl-3-heptanone [29] et [30].

5 CONCLUSION

Cette étude nous a permis de connaitre l'effet de la compétition interspécifique sur le comportement de deux ravageurs principaux des grains de maïs à savoir *P. truncatus* et *S. zeamais.* Cette étude a aussi montré qu'en situation de compétition, le comportement alimentaire et de reproduction de *S. zeamais* n'est pas négativement affecté comparativement à celui de *P. truncatus.* Dans les différents types de traitement, nous constatons que *S. zeamais* est le ravageur qui a produit le plus de descendants et qui a provoqué le plus de dégâts aux grains de maïs.

REFERENCES

[1] DGESS/MAAH, «Résultats définitifs de la campagne agricole et de la situation alimentaire et nutritionnelle 2020-2021». Burkina Faso, 2021, 78 p.

[2] K. E. Aidoo, «Post-harvest storage and preservation of tropical crops,» *International Biodeterioration & Biodegradation,* vol. 32, pp. 161–173, 1993.

[3] S. García-Lara and D. J. Bergvinson, «Programa integral para reducir pérdidas poscosecha en maíz,» *Agricultura Técnica en México,* vol. 33, pp. 181–189, 2007.

[4] T. Guèye, D. Seck, J.-P. Wathelet, and G. Lognay, «Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale: synthèse bibliographique,» 2010.

[5] R. A. Boxall, «Damage and loss caused by the larger grain borer *Prostephanus truncatus*,» *Integrated Pest Management Reviews,* vol. 7, no. 2, pp. 105–121, 2002.

[6] T. Tefera, «Post-harvest losses in African maize in the face of increasing food shortage,» *Food Security,* vol. 4, no. 2, pp. 267–277, 2012.

[7] K. Hell, K. F. Cardwell, M. Setamou, and H. M. Poehling, «The influence of storage practices on aflatoxin contamination in maize in four agroecological zones of Benin, West Africa,» *Journal of Stored Products Research,* vol. 36, no. 4, pp. 365–382, 2000.

[8] A. B. Abass *et al.,* «Post-harvest food losses in a maize-based farming system of semi-arid savannah area of Tanzania,» *Journal of Stored Products Research,* vol. 57, pp. 49–57, 2014.

[9] T. A. Taylor, «Flight activity of *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae) and some other grain-infesting beetles in the field and a store,» *Journal of Stored Products Research,* vol. 6, p. 296, 1971.

[10] R. J. Hodges, W. R. Dunstan, I. Magazini, and P. Golob, «An outbreak of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrychidae) in East Africa,» *Protection Ecology,* vol. 5, pp. 183–194, 1983.

[11] P. Golob, P. Changjaroen, A. Ahmed, and J. Cox, «Susceptibility of *Prostephanus truncatus* to insecticides,» *Journal of Stored Products Research,* vol. 21, pp. 141–150, 1985.

[12] R. J. Hodges, «The biology and control of *Prostephanus truncatus*: A destructive storage pest with an increasing range,» *Journal of Stored Products Research,* vol. 22, pp. 1–14, 1986.

[13] A. Oura, A. Waongo, M. Yamkoulga, F. Traore, Z. Ilboudo, and A. Sanon, «Stockage post récolte des céréales et statut du grand capucin des grains, *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) au Burkina Faso,» *Journal of Applied Biosciences,* vol. 178, pp. 18609–18623, 2022. doi: 10.35759/JABs.178.5.

[14] A. Waongo, M. Yamkoulga, B. C. L. Dabire, M. N. Ba, and A. Sanon, «Conservation post-récolte des céréales en zone sud-soudanienne du Burkina Faso: Perception paysanne et évaluation des stocks,» *International Journal of Biological and Chemical Sciences,* vol. 7, no. 3, pp. 1157–1167, 2013.

[15] R. H. Makundi *et al.,* «Dynamics of infestation and losses of stored maize due to the larger grain borer (*Prostephanus truncatus* Horn) and maize weevils (*Sitophilus zeamais* Motschulsky),» *Archives of Phytopathology and Plant Protection,* vol. 43, no. 14, pp. 1346–1355, 2010. doi: 10.1080/03235400802425804.

[16] R. A. Boxall, «Damage and loss caused by the Larger Grain Borer *Prostephanus truncatus*,» *Integrated Pest Management Reviews,* vol. 7, pp. 105–121, 1986.

[17] J. Gwinner, R. Harnisch, and O. Mück, *Manuel sur la manutention et conservation des graines après récolte*. Allemagne: GTZ, 1996, p. 368.

[18] Z. Ilboudo, Contribution à l'étude de l'activité biologique des huiles essentielles contre Callosobruchus maculatus Fab. (Coleoptera: Bruchidae), en vue de leur utilisation optimale en protection des stocks de niébé au Burkina Faso. Thèse de Doctorat Unique, Université de Ouagadougou, 2009, p. 116.

[19] C. Henckes, Investigation into insect dynamics, damage and losses of stored maize. An approach to IPM on small farms in Tanzania with special reference to Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). Hamburg, Germany: GTZ, 1992, p. 124.

[20] R. J. Cowley, D. C. Howard, and R. H. Smith, «The effect of grain stability on damage caused by *Prostephanus truncatus* (Horn) and three other beetle pests of stored maize,» *Journal of Stored Products Research,* vol. 16, pp. 75–78, 1980.

[21] K. A. Vowotor, W. G. Meikle, J. N. Ayertey, C. Borgemeister, and K. A. Markham, «Intra-specific competition in larvae of larger grain borer, *Prostephanus truncatus* (Horn) within maize grains,» *Insect Science and its Application,* vol. 18, no. 3, pp. 171–175, 1998.

[22] E. Haubruge and C. Verstraeten, «Interaction entre *Prostephanus truncatus* (Horn) et quatre espèces de coléoptères des denrées, ravageuses du maïs,» *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent,* vol. 52, pp. 241–245, 1987.

[23] D. P. Giga and S. J. Canhao, «Competition between *Prostephanus truncatus* (Horn) and *Sitophilus zeamais* (Motsch.) in maize at two temperatures,» *Journal of Stored Products Research,* vol. 29, pp. 63–70, 1993.

[24] T. Abraham, The biology, significance and control of the maize weevil, Sitophilus zeamais Motsch. (Coleoptera: Curculionidae) on stored maize. M.Sc. Thesis, Haramaya University of Agriculture, Ethiopia, 1991, p. 250.

[25] K. W. Vick, J. C. Webb, B. A. Weaver, and C. Litzkow, «Sound detection of stored-product insects that feed inside kernels of grain,» *Journal of Economic Entomology,* vol. 81, pp. 1489–1493, 1988.

[26] M. Danho, E. Haubruge, C. Gaspar, and G. Lognay, «Sélection des grains-hôtes par *Prostephanus truncatus* (Coleoptera: Bostrichidae) en présence de grains préalablement infestés par *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae),» *Belgian Journal of Zoology,* vol. 130, no. 1, pp. 3–9, 2000.

[27] M. Stubb and F. Abood, «Oviposition by *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) in insect contaminated wheat,» *Journal of Stored Products Research,* vol. 19, pp. 51–56, 1983.

[28] R. Plarre, «Pheromones and other semiochemicals of stored product insects. A historical review, current application, and perspectives needs,» *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,* pp. 1–84, 1998.

[29] C. A. Walgenbach, J. K. Phillips, D. L. Faustini, and W. E. Burkholder, «Male-produced aggregation pheromone of the maize weevil, *Sitophilus zeamais,* and interspecific attraction between three *Sitophilus* species,» *Journal of Chemical Ecology,* vol. 9, pp. 831–841, 1983.

[30] J. K. Phillips, C. A. Walgenbach, J. A. Klein, W. E. Burkholder, N. R. Schmuff, and H. M. Fales, « (R*, S*) - 5-hydroxy-4-methyl-3-heptanone: a male produced aggregation pheromone of *Sitophilus oryzae* (L.) and *S. zeamais* Motsch.,» *Journal of Chemical Ecology,* vol. 11, pp. 1263–1274, 1985.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 962-967
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Evolution of the ISO 15189 Standard: A Comparative Analysis of the 2012 and 2022 Versions and Their Implications for Medical Biology Laboratories

W. Zerrouq[1], A. Morjan[1-2-3], N. Kamal[1-2-3], and M. Omari[4]

[1]Faculty of Medicine and Pharmacy, Hassan II University, Casablanca, Morocco

[2]Biochemistry Laboratory, CHU Ibn Rochd, Casablanca, Morocco

[3]Clinical Immunology, Infection, and Autoimmunity Laboratory (LICIA), Faculty of Medicine and Pharmacy, Hassan II University, Casablanca, Morocco

[4]Higher Institute of Nursing Professions and Health Techniques of Casablanca, Research Laboratory on Care, Health, and Sustainable Development (2S2D), Team 3: Health Sciences, Education, and Management (2SEM), Casablanca, Morocco

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

ABSTRACT: The reliability of medical laboratory test results is a key determinant of healthcare quality and patient safety. ISO 15189 is the international reference standard for the accreditation of medical biology laboratories, and its 2022 revision reflects technological advances, organizational changes, and increasing requirements related to performance and risk management.
The aim of this study is to conduct a comparative analysis of the major developments introduced in ISO 15189: 2022 compared with the 2012 version, in order to identify conceptual, structural, and operational changes, assess their organizational and technical implications for medical biology laboratories, and highlight the challenges related to patient safety and process performance.
This study adopts a qualitative, descriptive, and comparative approach based on a systematic, clause-by-clause analysis of ISO 15189: 2012 and ISO 15189: 2022. This analysis is complemented by a targeted review of the international scientific literature and by an examination of recommendations issued by recognized organizations in the fields of medical biology and quality management.
The results reveal major developments, including the reorganization of the standard's structure in alignment with ISO/IEC 17025: 2017, the explicit and cross-cutting integration of risk management across all laboratory processes, the expansion of the scope to include decentralized medical biology examinations and point-of-care testing, and a stronger focus on patient safety, governance, and the clinical relevance of results. The 2022 version also introduces greater flexibility in demonstrating conformity.
In conclusion, ISO 15189: 2022 represents a major conceptual shift, moving from a primarily document-based compliance approach toward a performance-oriented model that emphasizes proactive risk management and patient safety, thereby serving as a strategic lever for continuous improvement in medical biology laboratories.

KEYWORDS: ISO 15189, medical biology laboratories, quality management, risk management, patient safety, accreditation, process performance, point-of-care testing (POCT).

1 INTRODUCTION

Medical biology laboratories occupy a strategic position within healthcare systems, as approximately 60–70% of clinical decisions rely on laboratory test results (Lippi & Plebani, 2020). The reliability, accuracy, and traceability of these results are therefore critical for patient safety and quality of care. In this context, ISO 15189 has progressively become the international benchmark for ensuring the quality and competence of medical biology laboratories, providing a framework that covers all

Corresponding Author: M. Omari

processes from the pre-analytical to the post-analytical phase (Takahashi, 2025). However, rapid advances in medical technologies, the growing digitalization of information systems, and increasing demands for risk management have made a revision of this standard necessary.

In response, the International Organization for Standardization published the revised ISO 15189: 2022, introducing a more integrated approach to quality management focused on patient safety, laboratory governance, and proactive risk control (Linko et al., 2025). This new version aligns with prior work emphasizing the importance of continuous improvement in laboratory practices and systematic management of error sources, particularly in the pre- and post-analytical phases, which are recognized as the most vulnerable parts of the analytical process (Alsharari, 2024).

Scientific literature has extensively documented the benefits of implementing ISO 15189: 2012, including standardized procedures, strengthened internal and external quality controls, and increased clinician confidence in results provided by accredited laboratories (Ali et al., 2024; Westgard & Westgard, 2016). Several studies have also shown a positive association between ISO 15189 accreditation and reduced analytical errors, thereby enhancing overall laboratory performance and patient safety (Lippi & Plebani, 2020). Yet, despite the recent publication of ISO 15189: 2022, comparative scientific analyses examining the conceptual and operational differences between the 2012 and 2022 versions remain limited.

In particular, the real-world impact of the new 2022 requirements—especially regarding risk management, data and information system governance, and increased accountability of laboratory leadership—has not been sufficiently documented in the scientific literature. This gap is particularly pronounced in hospital settings and in resource-limited countries, where the normative transition can represent a major organizational and human challenge (Edayan et al., 2024). There is thus a disconnect between the normative evolution proposed by ISO 15189: 2022 and the available knowledge on its effective implementation and tangible impact on the quality of medical laboratory services.

Against this backdrop, the present study aims to conduct a comparative analysis of the main developments introduced in ISO 15189: 2022 compared with the 2012 version, with the goals of identifying key changes, assessing their organizational and technical implications for medical biology laboratories, and proposing adaptation strategies to facilitate the transition to this new standard, ultimately supporting continuous quality improvement and patient safety.

2 METHODOLOGY

This study adopts a qualitative, descriptive, and comparative approach, based on an in-depth analysis of ISO 15189: 2012 and ISO 15189: 2022, which the authors systematically reviewed and compared. The aim of this approach is to identify the conceptual, structural, and operational changes introduced in the 2022 version and to analyze their implications for medical biology laboratories.

The comparative analysis was conducted through a critical, exhaustive reading of both standards, using a clause-by-clause comparison of managerial and technical requirements. This method allows for the identification of newly introduced requirements, those that have been strengthened or reformulated, as well as elements that have been maintained or clarified in the revised version, in accordance with recommended approaches for analyzing quality management standards (ISO 15189, 2012, 2022).

In addition to this direct normative analysis, a targeted review of the scientific literature was conducted to contextualize the ISO 15189 requirements within the broader field of quality and safety in medical biology. The PubMed, Scopus, and Web of Science databases were consulted to identify peer-reviewed articles addressing laboratory accreditation, risk management, analytical quality, and continuous improvement. The selected publications enabled a comparison of normative requirements with evidence-based findings from the scientific literature (Linko et al., 2025; Takahashi, 2025).

Moreover, the results of the comparison between the two versions of the standard were examined in light of recommendations from leading international organizations, including the World Health Organization and the Clinical and Laboratory Standards Institute, to assess the consistency of the 2022 revisions with recognized best practices in medical laboratory operations (Schuetz et al., 2025). This methodological triangulation strengthens the validity of the analysis and highlights areas of convergence and divergence between the normative requirements and international standards.

Finally, an interpretative analysis was performed to evaluate the practical implications of ISO 15189: 2022 for laboratory organization, human resource management, process control, and overall performance. This analysis aligns with a continuous improvement framework based on the PDCA cycle and a proactive risk management approach, both of which are well documented in the scientific literature on laboratory medicine.

3 RESULTS

The comparative analysis of ISO 15189: 2012 and ISO 15189: 2022 reveals significant structural, conceptual, and operational changes, impacting all activities of medical biology laboratories.

3.1 STRUCTURAL AND ORGANIZATIONAL CHANGES

The 2012 version consisted of 15 chapters, separating technical and managerial requirements, with a strong emphasis on documentation and procedure standardization. While comprehensive, this structure sometimes made it difficult to integrate managerial processes with day-to-day technical practices. The 2022 version reduces the number of chapters to 8 and organizes requirements more coherently, aligned with ISO/IEC 17025: 2017. This reorganization provides a more integrated view of the quality system, facilitating understanding and application in multi-standard and international laboratories (Datta et al., 2026; Ilinca et al., 2023).

3.2 RISK MANAGEMENT

Risk management is a central conceptual change. While implicit in the 2012 version, the 2022 revision makes it a cross-cutting requirement across all processes: pre-analytical, analytical, and post-analytical. Laboratories must identify risks affecting result quality and patient safety, plan corrective and preventive actions, and regularly evaluate their effectiveness. This systematic approach enhances laboratories' ability to anticipate and control incidents, reducing clinical errors and strengthening patient safety (Datta et al., 2026; Thomas et al., 2025).

3.3 EXPANDED SCOPE

The 2022 version now includes decentralized medical biology examinations and point-of-care testing (POCT), previously governed by ISO 22870. This expansion ensures uniform quality and safety practices across all laboratory activities, whether performed in a central lab or on site, reflecting modern clinical practices characterized by rapid diagnostics and test decentralization (Thomas et al., 2025).

3.4 PATIENT-CENTERED FOCUS AND SAFETY

ISO 15189: 2022 strengthens the focus on patient safety and outcome reliability. While the 2012 version emphasized document compliance, the 2022 revision prioritizes process performance and minimization of clinical risk. Laboratories are expected to demonstrate that their practices ensure not only analytical accuracy but also the safety and reliability of results provided to clinicians, supporting better patient care (Lippi & Plebani, 2020).

3.5 FLEXIBILITY IN IMPLEMENTATION

The new version allows laboratories to demonstrate compliance through multiple means: performance indicators, internal audits, and contextual assessments. This flexibility reduces documentation burdens while maintaining core requirements for competence and traceability (Vermeersch et al., 2021).

To summarize these key differences and their implications, the main changes between ISO 15189: 2012 and ISO 15189: 2022 are presented in the following table:

Table 1. Summary of Key Differences:

Category	ISO 15189:2012	ISO 15189:2022	Implications / Notes
Structural & Organizational Changes	15 chapters; technical and managerial requirements separated; emphasis on documentation and standardization.	8 chapters; more coherent organization; aligned with ISO/IEC 17025:2017.	Facilitates integrated quality system, understanding, and application in multi-standard labs.
Risk Management	Implicit; not formally cross-cutting.	Explicit, cross-cutting requirement across all processes. Corrective/preventive actions required.	Enhances incident control, reduces errors, improves patient safety.
Scope	Central lab-focused; POCT/decentralized tests governed separately by ISO 22870.	Includes decentralized tests and POCT.	Ensures uniform quality and safety practices; reflects modern decentralized testing.
Patient-Centered Focus & Safety	Emphasis on document compliance.	Focus on process performance, clinical risk minimization, and outcome reliability.	Strengthens patient safety, reliability of results, and clinician confidence.
Flexibility in Implementation	Compliance mainly via documentation.	Compliance via performance metrics, audits, contextual assessments.	Reduces documentation burden while maintaining competence and traceability.

Source: authors

4 DISCUSSION

The revision from ISO 15189: 2012 to 2022 represents a strategic and conceptual shift, moving beyond technical adjustments. It reflects a paradigm change: from procedural compliance to a focus on performance, risk management, and patient safety.

4.1 CONCEPTUAL EVOLUTION: FROM COMPLIANCE TO PERFORMANCE

Historically, ISO 15189: 2012 ensured standardization and traceability, limiting errors in pre-analytical, analytical, and post-analytical phases (Vermeersch et al., 2021). However, this rigid approach restricted laboratories' ability to adapt to technological innovations and emerging healthcare needs (Westgard & Westgard, 2016).

The 2022 version, by integrating proactive risk management, allows laboratories to prioritize critical processes, reduce errors that could affect patient safety, and allocate resources to high-value activities. This performance-oriented approach aligns with current quality management recommendations, emphasizing process integration, continuous improvement, and focus on clinical outcomes (Thomas et al., 2025).

4.2 INTERNATIONAL HARMONIZATION AND MULTI-STANDARD INTEGRATION

Alignment with ISO/IEC 17025: 2017 and other management standards promotes coherence between frameworks, facilitating the integration of multi-standard systems. The simplified structure and reduced number of chapters improve clarity and harmonized application, enhancing organizational resilience and overall laboratory efficiency (Datta et al., 2026).

4.3 SCOPE EXTENSION AND PATIENT ORIENTATION

Incorporating decentralized tests and POCT reflects recent clinical transformations: speed, decentralization, and proximity to the patient. This systemic approach ensures the quality and safety of results at all stages of the diagnostic pathway while supporting continuity and coordination of care (Thomas et al., 2025).

4.4 ETHICAL DIMENSION AND DATA MANAGEMENT

The 2022 revision strengthens impartiality, confidentiality, and traceability of information. Consideration of computerized systems and data protection addresses the growing digitalization of laboratories (Datta et al., 2026; Edayan et al., 2024). Ethical aspects, such as patient autonomy, remain underdeveloped, representing a potential area for future revisions.

4.5 PRACTICAL IMPACTS AND IMPLEMENTATION CHALLENGES

Adopting the revised standard improves analytical accuracy, reduces errors, and enhances clinician and patient satisfaction (Beyanga et al., 2018; Takahashi, 2025). Implementation challenges include risk-based management training, adaptation of information systems, electronic documentation, and validation of new processes, especially in resource-limited laboratories (Attoh et al., 2022).

4.6 SCIENTIFIC PERSPECTIVES AND FUTURE IMPLICATIONS

ISO 15189: 2022 opens avenues for research and practice:

- Empirical evaluation of the new requirements' impact on patient safety and clinical performance.
- Development of tailored tools for decentralized laboratories and POCT.
- Exploration of patient participation and autonomy within the normative framework.

Thus, the standard serves both as a tool for standardization and a lever for innovation, guiding laboratories through the rapid transformations occurring in the healthcare sector.

The transition from ISO 15189: 2012 to 2022 goes beyond a simple technical update, representing a major conceptual shift: optimizing performance, implementing proactive risk management, integrating decentralized testing and POCT, achieving international harmonization, and strengthening the patient-centered focus.

These developments respond to the scientific, technological, and organizational transformations in the field of medical biology. They provide laboratories with a flexible, resilient framework oriented toward clinical outcomes, while maintaining the fundamental requirements for competence and quality.

Adopting the 2022 version also represents both a scientific and operational opportunity: the development of new risk management strategies, empirical evaluation of performance, and enhanced ethical and organizational integration of quality systems. ISO 15189: 2022 thus emerges as a strategic lever for achieving excellence in medical biology laboratories within an ever-evolving healthcare environment.

REFERENCES

[1] Ali, A. E., Hamza, A. M., & Saleh, H. E. (2024). RISK MANAGEMENT STRATEGIES IN MEDICAL LABORATORY PRACTICE. *International Journal of Medical Laboratory Research, 09* (02), 18-32. https://doi.org/10.35503/IJMLR.2024.9203.

[2] Alsharari, I. S. A. (2024). Quality Control of Laboratory Medicine : Preventing Errors for Diagnostic Reliability. *Saudi J. Med. Pub. Health, 1* (1), 114-123.

[3] Attoh, S., Tetteh, F. K. M., McAddy, M., Ackah, K., Kyei, R., Moroti, M., Boateng, C., Adusu-Donkor, L., Boafo, J., Yakubu, A., Kwao, S., Sarkodie, E., Koranteng, N.-B., Addo, M. A., Hobenu, F., Agyeman-Bediako, K., & Fatchu, R. D. (2022). Challenges with the pursuit of ISO 15189 accreditation in a public health laboratory in Ghana. *African Journal of Laboratory Medicine, 11* (1). https://doi.org/10.4102/ajlm.v11i1.1448.

[4] Beyanga, M., Gerwing-Adima, L., Jackson, K., Majaliwa, B., Shimba, H., Ezekiel, S., Massambu, C., Majige, D., Mwasegaka, M., Mtotela, W., Mateta, P., & Kasang, C. (2018). Implementation of the laboratory quality management system (ISO 15189) : Experience from Bugando Medical Centre Clinical Laboratory – Mwanza, Tanzania. *African Journal of Laboratory Medicine, 7* (1). https://doi.org/10.4102/ajlm.v7i1.657

[5] Datta, S. K., Fink, N., Bugni, E., & Wiencek, J. (2026). Comparative analysis of ISO 15189: 2022 with earlier versions with reference to ethics. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM), 64* (2), 353-360. https://doi.org/10.1515/cclm-2025-0884.

[6] Edayan, J. M., Gallemit, A. J., Sacala, N. E., Palmer, X.-L., Potter, L., Rarugal, J., & Velasco, L. C. (2024). Integration technologies in laboratory information systems : A systematic review. *Informatics in Medicine Unlocked, 50,* 101566. https://doi.org/10.1016/j.imu.2024.101566.

[7] Ilinca, R., Chiriac, I. A., Luțescu, D. A., Ganea, I., Hristodorescu-Grigore, S., & Dănciulescu-Miulescu, R.-E. (2023). Understanding the key differences between ISO 15189: 2022 and ISO 15189: 2012 for an improved medical laboratory quality of service. *Revista Romana de Medicina de Laborator, 31* (2), 77-82. https://doi.org/10.2478/rrlm-2023-0011.

[8] ISO 15189. (2012). Medical laboratories—Requirements for quality and competence (Version Third edition).

[9] ISO 15189. (2022). Medical laboratories—Requirements for quality and competence.

[10] Linko, S., Boursier, G., Bernabeu-Andreu, F. A., Dzneladze, N., Vanstapel, F., Brguljan, P. M., Tosheska-Trajkovska, K., Mehay, H., Panteghini, M., Brugnoni, D., Milinkovic, N., Lohmander, M., Šprongl, L., Çubukçu, H. C., & Thelen, M. (2025). EN ISO 15189 revision : EFLM Committee Accreditation and ISO/CEN standards (C: A/ISO) analysis and general remarks on the changes. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM), 63* (6), 1084-1098. https://doi.org/10.1515/cclm-2024-1451.

[11] Lippi, G., & Plebani, M. (2020). Integrated diagnostics : The future of laboratory medicine? *Biochemia medica, 30* (1), 18-30. https://doi.org/10.11613/BM.2020.010501.

[12] Schuetz, A. N., Ferrell, A., Hindler, J. A., Humphries, R., & Bobenchik, A. M. (2025). Overview of changes in the Clinical and Laboratory Standards Institute Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing : M100 32nd and 33rd editions. *Journal of Clinical Microbiology, 63* (9), e01623-23. https://doi.org/10.1128/jcm.01623-23.

[13] Takahashi, S. (2025). ISO 15189 accreditation : Enhancing laboratory performance, safety, and personnel competence. *Journal of Laboratory Medicine, 2* (2), 7. https://doi.org/10.1515/labmed-2025-0259.

[14] Thomas, A., Kaur, P., & Krishnan, K. (2025). Risk Management in Clinical Laboratory Based on ISO 15189: 2022 for Plasma-based Testing of Prothrombin Time and Activated Partial Thromboplastin Time. *Dubai Medical Journal, 8* (4), 597-611. https://doi.org/10.18502/dmj.v8i4.20496.

[15] Vermeersch, P., Frans, G., Von Meyer, A., Costelloe, S., Lippi, G., & Simundic, A.-M. (2021). How to meet ISO15189: 2012 pre-analytical requirements in clinical laboratories ? A consensus document by the EFLM WG-PRE. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM), 59* (6), 1047-1061. https://doi.org/10.1515/cclm-2020-1859.

[16] Westgard, J. O., & Westgard, S. A. (2016). Quality control review : Implementing a scientifically based quality control system. *Annals of Clinical Biochemistry: International Journal of Laboratory Medicine, 53* (1), 32-50. https://doi.org/10.1177/0004563215597248.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 968-980
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Analysis of the technical, economic and environmental optimization of the implementation of a Mini Smart Grid for the electrification of the rural area of Koumnéré in Burkina Faso

Dioari Ulrich Combari[1-2], Arnaud Ouermi[1-2], Wend Yam Mickaïla Tertus Dermé[1], Mamoudou Saria[1-2], and Issa Zerbo[2]

[1]Laboratoire Multidisciplinaire de Recherche en Sciences de l'Ingénieur (LMRSI), Ecole Polytechnique de Ouagadougou (EPO), Ouagadougou, Burkina Faso

[2]Loboratoire d'Energies Thermiques REnouvelables (L.E.T.RE), Ecole Doctorale Sciences et Technologies, Université Joseph KI-ZERBO, Ouagadougou, Burkina Faso

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

ABSTRACT: This study concerns the implementation of a Mini Smart Grid (MSG) to optimize the use of energy produced by a hybrid PV/Diesel power plant with storage. Since this network has more than two energy sources, an Energy Management System (EMS) is essential to optimize energy distribution between these different sources. An energy management algorithm was developed, and the HOMER Pro modeling and simulation software was used. Five (05) scenarios relating to the combination of the different sources were considered: a complete system (PV Generator, Diesel, Storage, DC/AC converter) called scenario 1, a combination (Diesel Generator, Storage, DC/AC converter) called scenario 2, a combination (PV Generator, Storage, DC/AC converter) called scenario 3, a limitation of the system to Diesel Generator alone which constitutes scenario 4 and finally a last combination (PV Generator, Diesel, DC/AC converter) which is scenario 5. An economic analysis using life-cycle cost and energy cost indicators revealed that the best scenario, in this sense, is scenario 3 (8.12 million FCFA; 10.40 million FCFA). It comes before scenario 1 (12.20 million FCFA; 15.63 million FCFA). This was followed by an environmental pollution analysis. It showed that the most environmentally friendly scenario is scenario 3 because it emits no harmful gases or particles; scenario 1 has very low emissions (2607 kg/year of CO_2), it is not perfectly environmentally friendly, but it is acceptable as a system. With population growth, energy intermittency may occur in this system. Scenario 1 will then become the best scenario. The integration of drawdown costs will not affect the results because the scenarios defined as best are also the least polluting.

KEYWORDS: energy, mini smart grid, scenarios, economic study, environmental study.

1 INTRODUCTION

Energy in general, and in particular its most convertible form, electrical energy, is at the heart of all development [1], [2], [3]. It is undeniable that fossil fuels alone cause significant environmental pollution [4]. The new paradigm is energy production that takes environmental preservation into account. This is why renewable energies are gradually being integrated into production systems, creating an energy mix [4]. To compensate for the intermittent production of PV generators and for backup needs, a diesel generator is often necessary. To increase the efficiency of an energy mix, an effective management system is essential.

The objective of this study is to implement smart management of a hybrid PV/Diesel mini-power plant for the electrification of a rural area in Burkina Faso called Koumnéré.

This production system, with its management capabilities, constitutes a Mini Smart Grid (MSG) capable of performing several optimization activities, including:

- Reducing fluctuations in renewable energy;
- Promoting the use of renewable energy;
- Smoothing the load curve;
- Ensuring energy exchange between sources, import/export.

Corresponding Author: Issa Zerbo

2 MATERIALS AND METHODS

The Mini Smart Grid, which will be connected to a future electrical grid, will consist of several energy sources such as photovoltaic energy (PV), diesel generator energy (DG), and battery energy (BAT) to intelligently power a variable load (CHv). When a system (electrical grid) has more than two energy sources, the need to integrate a management system becomes essential to facilitate and optimize power sharing between the sources. System management and control will then be carried out by an Energy Management System (EMS) [5], [6], [7], [8], [9]. The configuration of the Mini Smart Grid (MSG) system is shown in Figure 1. Two possible scenarios have been presented:

- ***Case 1:*** The entire system is not yet connected to the electrical grid (future grid):

In this case, priority for powering the load is given to the PV generator, then to the storage batteries, before being transferred to the diesel generator (one after the other is depleted);

- ***Case 2***: The entire system is already connected to the electrical grid (future grid): In this case, the main grid will supply energy when the load demand exceeds the combined power (PV, GE, BAT). When the power from decentralized production exceeds the load demand, the excess energy charges the batteries and is fed back into the grid if the batteries are charged. In all cases, the battery charge/discharge process and energy import/export can be managed autonomously.

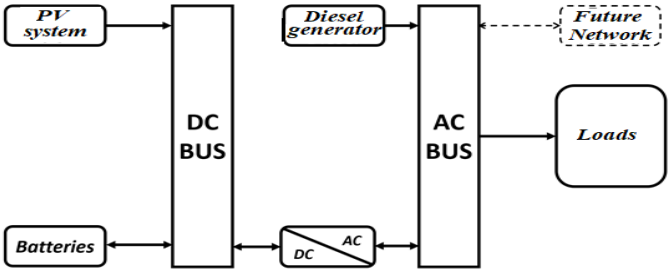


Fig. 1. Hybrid PV/Diesel System with Storage

The management system will therefore receive hourly values such as: solar irradiance, battery state of charge, diesel generator output, and load consumption, in order to set the programmed output power of the energy sources and the battery, as well as the input/export power with the main grid if the system is connected to it.

The energy management system (EMS) will be responsible for optimal energy management according to the programmed management algorithm.

Figure 2 details the desired functions of the EMS.

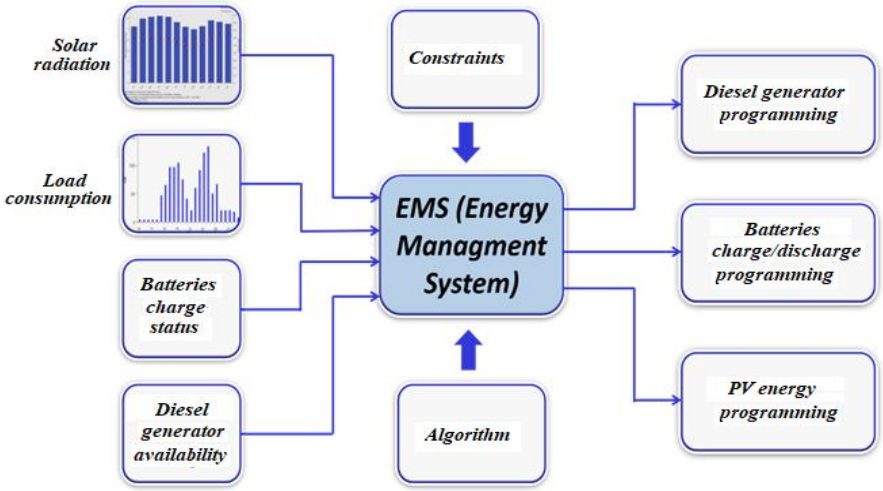


Fig. 2. Proposed EMS for the mini smart grid

The constraint management plan aims to maximize the use of renewable energy and to use diesel only when absolutely necessary. To achieve this, several rules apply:

- Photovoltaic energy is primarily used to power loads;
- The electrical energy storage system is charged by surplus renewable energy;
- The electrical energy storage system discharges when the photovoltaic system is insufficient;
- The generator supplies power to the load when the PV production system and the storage system are insufficient.

It is important to note that if the system gains access to the centralized grid, the following scenarios must be considered:

- When the electrical energy storage system is full and production exceeds consumption, the surplus renewable energy will be fed directly into the grid;
- In case of a deficit, energy is drawn from the grid to meet demand.

The constraints are defined as follows:

- Constraints on the output power of the storage system:

Equation (1) gives the constraints on the output power of the storage system.

$$P_{BATmin} \leq P_{BAT}(t) \leq P_{BATmax} \quad (1)$$

With P_{BATmin}: Minimum storage system power; $P_{BAT}(t)$: Storage system output power at time t and P_{BATmax}: Maximum storage system power;

- State of Load Constraints of the Storage Operational Capability (SOC):

The state of load constraints of the storage system are given by equation (2).

$$SOC_{min} \leq SOC(t) \leq SOC_{max} \quad (2)$$

With SOC_{min}: minimum battery charge level; SOC (t): battery charge level at time t; and SOC_{max}: maximum battery charge level.

2.1 SYSTEM ALGORITHM DEFINITION

The algorithm defined in Figure 3 ensures optimal management of this hybrid energy system.

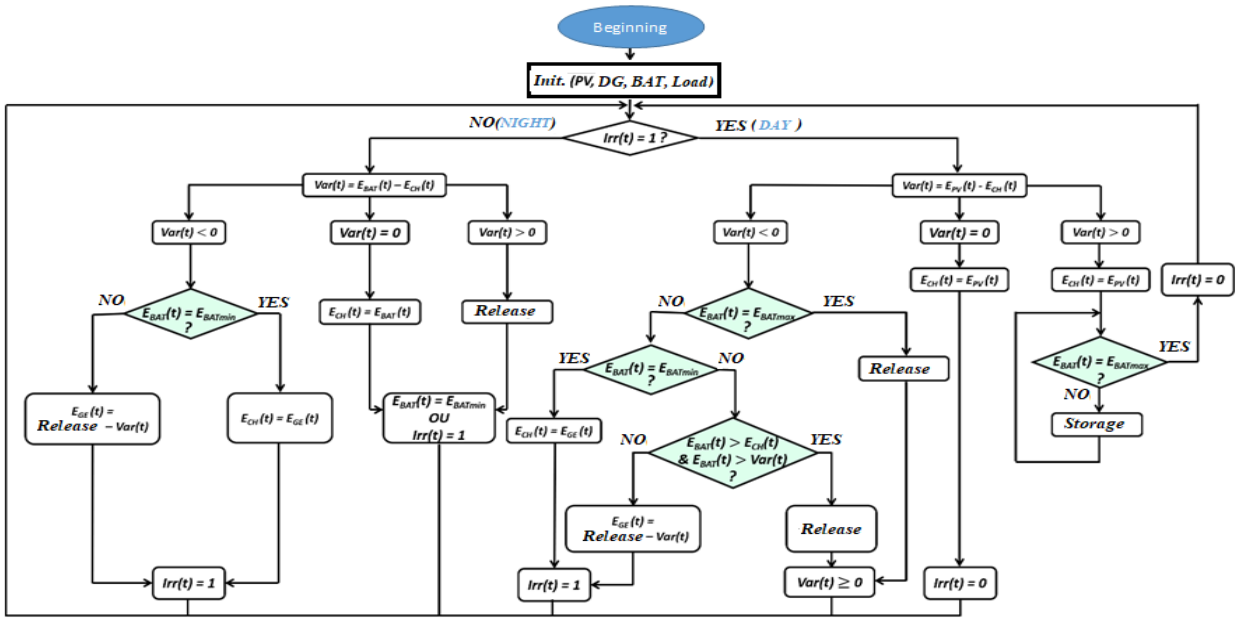


Fig. 3. Energy management algorithm for the mini smart grid

(Irr = 1) and (Irr = 0): presence and absence of solar radiation, respectively;

Var: Energy variation;
E_{CH}: Load energy (load energy requirement);
E_{PV}: Photovoltaic system energy;
E_{BAT}: Battery energy;

DGE: Diesel generator energy;
E_{BATmin}: Minimum battery energy (depth of discharge reached);
E_{BATmax}: Maximum battery energy (batteries fully charged);
DG: Diesel generator;
BAT: Energy storage system.

As a software tool, HOMER Pro (Hybrid Optimization Model for Electric Renewable) was used. It is a sophisticated energy modeling software designed to model and optimize hybrid energy systems [1].

It was developed in 1993 by the National Renewable Energy Laboratory for rural electrification programs and has been available under the HOMER Energy license since 2009 [1].

Due to its advanced features, it allows users to create flexible configurations integrating different energy sources such as solar, wind, hydropower, fuel cells, biomass, diesel, battery storage, and many others. The tool also assesses the economic viability of energy solutions by analyzing life-cycle costs and generating detailed reports.

Using optimization algorithms, HOMER Pro searches for the most efficient and cost-effective system configuration. Users can simulate different scenarios to assess the system's robustness in the face of load variations or equipment failures. With its user-friendly interface, HOMER Pro facilitates the visualization of performance data and the comparison of different configurations, thus helping engineers, energy planners, and decision-makers design sustainable and reliable energy solutions.

Furthermore, a future connection of the system to the electrical distribution network could be envisaged, potentially leading to the flow of energy in both directions and requiring new considerations for its smart management and marketing [2], [3]. As the system becomes more complex with more components, the generated data will become increasingly massive. A data distribution service will then be necessary to enable real-time processing of this data in order to guarantee and optimize energy flow within the smart grid [4], [5], [6], [7], [8].

2.2 System Configuration And Simulation With Homer Pro

To perform the simulation using HOMER Pro, several input data points are required [5]. These include the site's geolocation within the software and the configuration of the PV generator, the diesel generator and its fuel, the inverter, and the storage system.

Site Geolocation within the Software: You can enter the site's geographic coordinates or search directly by site name [9].

Figure 4 shows the geolocation of the Koumnéré site with its various geographic coordinates.

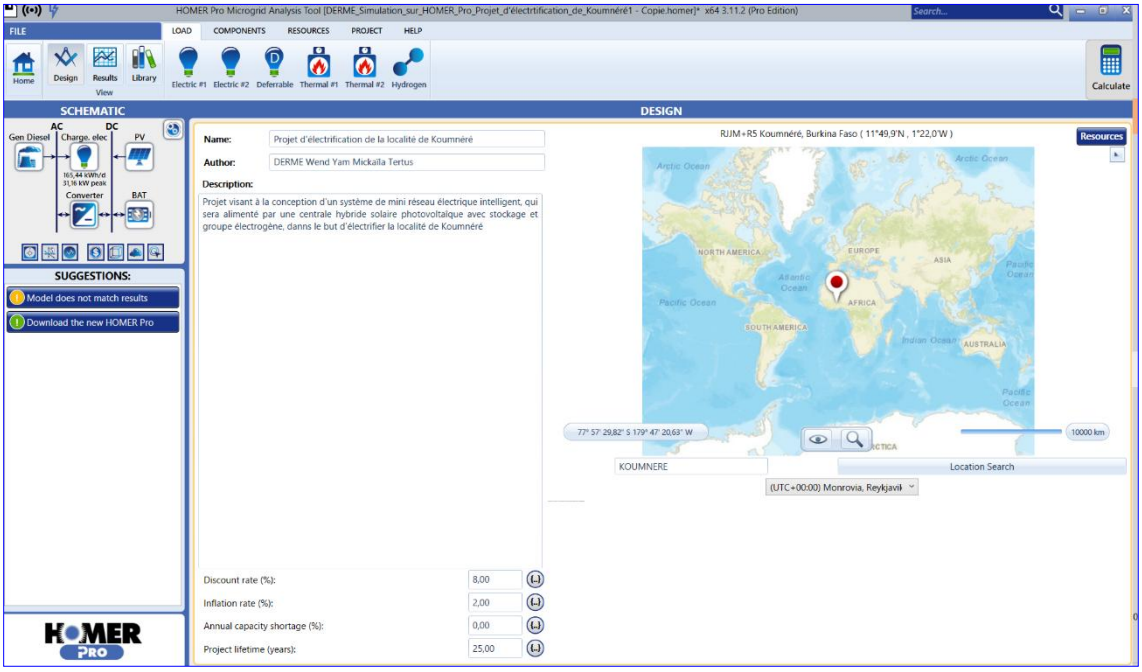


Fig. 4. Geolocation of the Koumnéré site

- Energy requirements of the load: These are highly variable; indeed, we have proposed a load model based on certain assumptions for a 24-hour period.

  - From midnight to 4: 00 AM, the load requirements are low (around 5 kWh), as they generally relate to public lighting;
  - At 5: 00 AM, the load begins to increase; it rises to over 100 kWh around 9: 00 AM because the mills are likely to be in use at this time; the load begins to decrease again from 10: 00 AM to around 20 kWh at noon, due to breaks.

Note that the load remains significant between 8: 00 AM and 12: 00 PM due to the high demand from various sources, including the school, welding workshops, and mills.

  - In the afternoon, demand increases further, peaking at 4: 00 PM due to the high demand from the school, mills, welding workshops, and some household needs.
  - The load then decreases and stabilizes at approximately 20 kWh between 7: 00 PM and 1: 00 AM, primarily due to household needs and public lighting. Figure 5 illustrates the daily energy demand of the Koumnéré area, showing the daily variation in power required to supply these loads.

Fig. 5. Energy requirements of the load

- Parameterization of the PV generator, the Diesel generator and its fuel, the inverter and the storage system: Parameterization consists of entering the prices and characteristics of the systems concerned. Figures 6, 7, 8, 9 and 10 respectively give an idea of the respective parameters of the PV generator, Diesel generator, fuel, inverter and storage system [10].

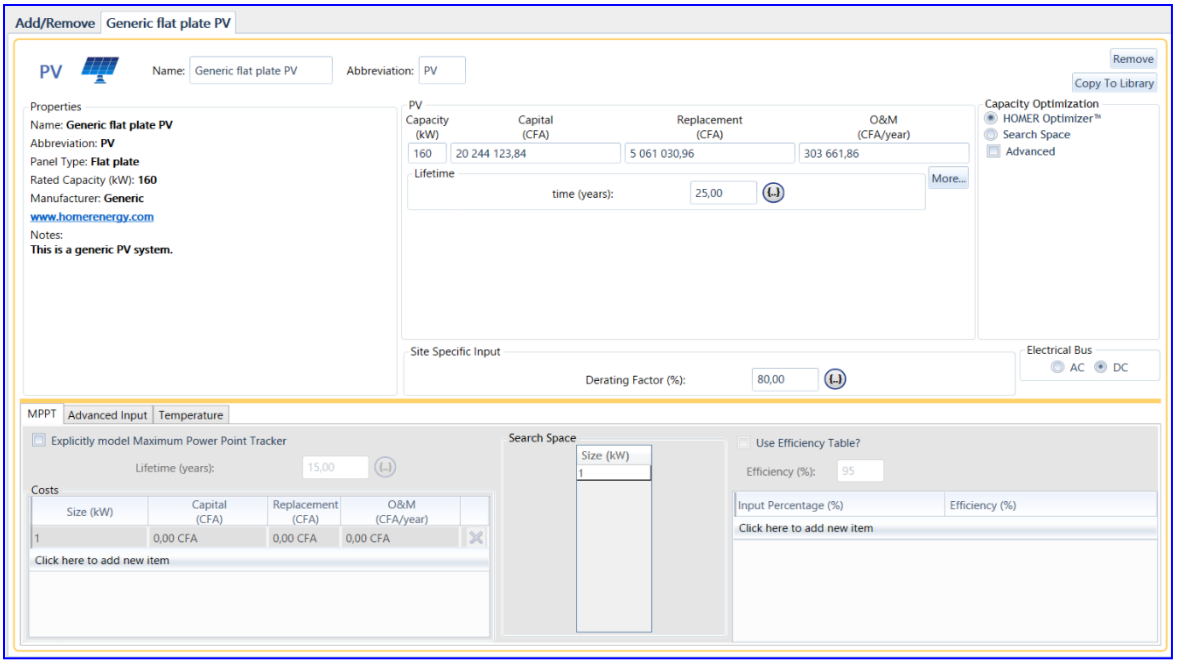


Fig. 6. PV generator settings

The generator set is sized for a power of 100 kVA with a nominal fuel consumption of 5.75 L/hr (Figure 7).

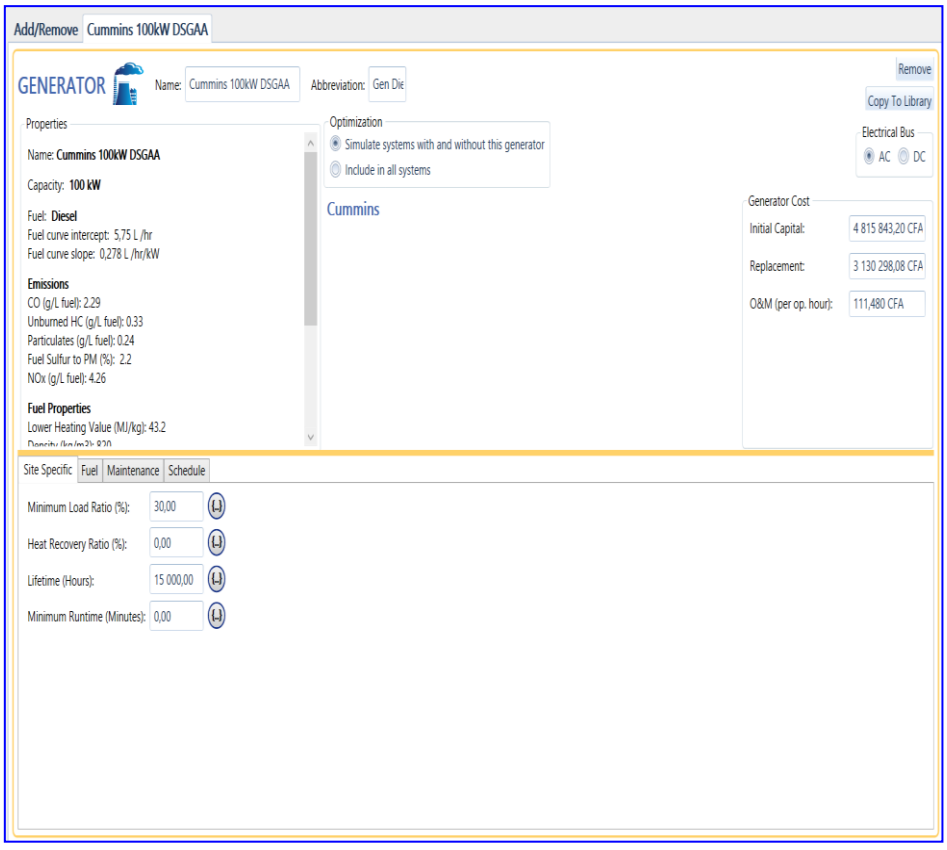


Fig. 7. Diesel generator settings

The fuel chosen is conventional diesel. Its characteristics are defined on the interface in Figure 8.

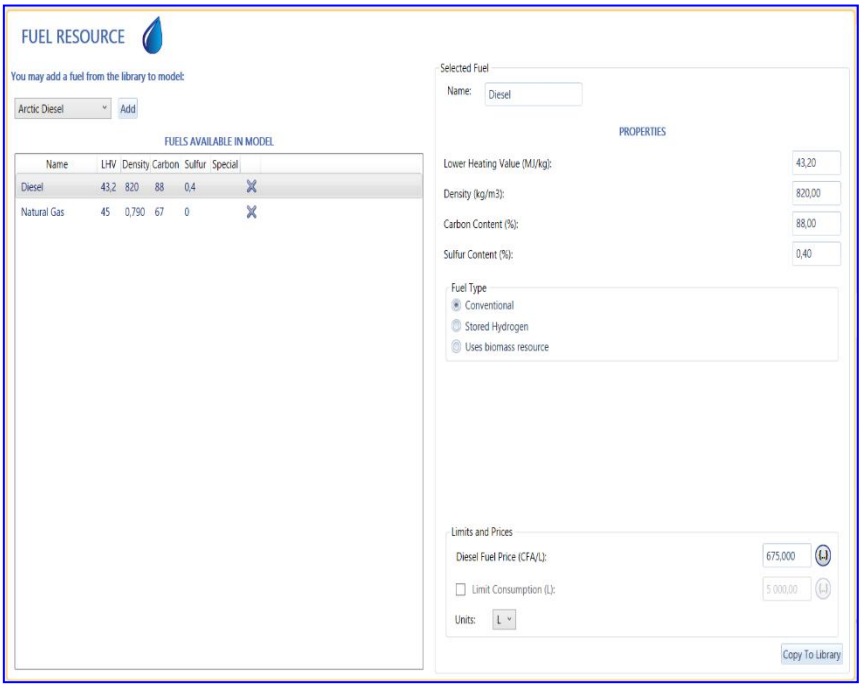


Fig. 8. Diesel generator fuel settings

The sized DC/AC converter has a nominal power of 100 kVA. Its initial cost, other costs related to its maintenance and use, as well as other characteristics, are parameterized in Figure 9.

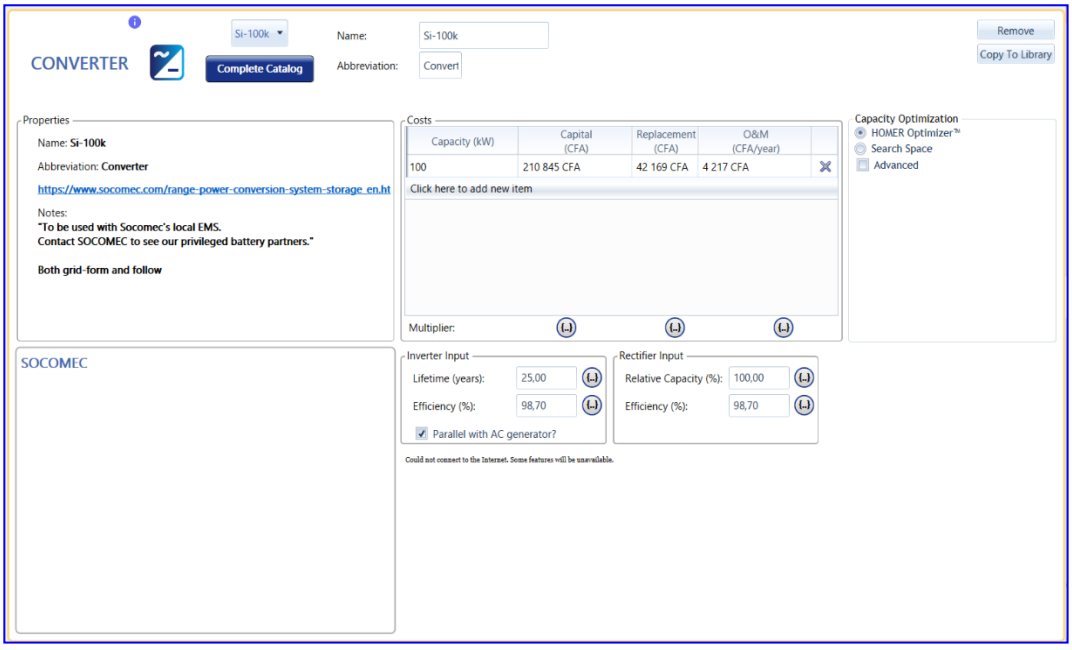


Fig. 9. Inverter settings

Figure 10 shows the parameterization of the storage system consisting of 120 batteries with a voltage of 2 V and a capacity of 7.15 kWh.

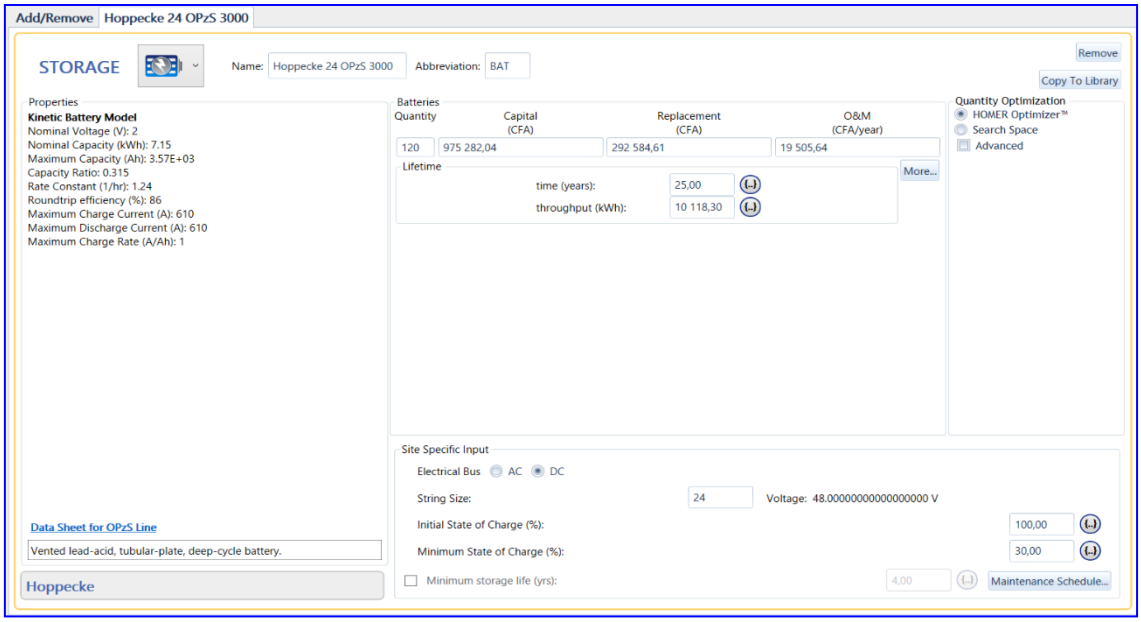


Fig. 10. Storage System Configuration

2.2.1 CLIMATE DATA GENERATION

Climate data such as solar radiation and temperature are generated directly by the software using the entered geographic coordinates. Figures 11 and 12 show the annual solar radiation and temperature data for the Koumnéré area, respectively.

- Solar radiation:

Figure 11 provides an estimate of the site's solar radiation at different times of the year.

Fig. 11. Solar radiation at the Koumnéré site

- Temperature:

The temperature evolution at the site is shown in Figure 12.

Fig. 12. Average monthly and annual site temperature

2.2.2 System Diagram Proposed By Homer Pro Software

HOMER Pro generates a diagram once the system components have been selected and characterized.

Figure 13 provides details of the system diagram proposed by HOMER Pro software.

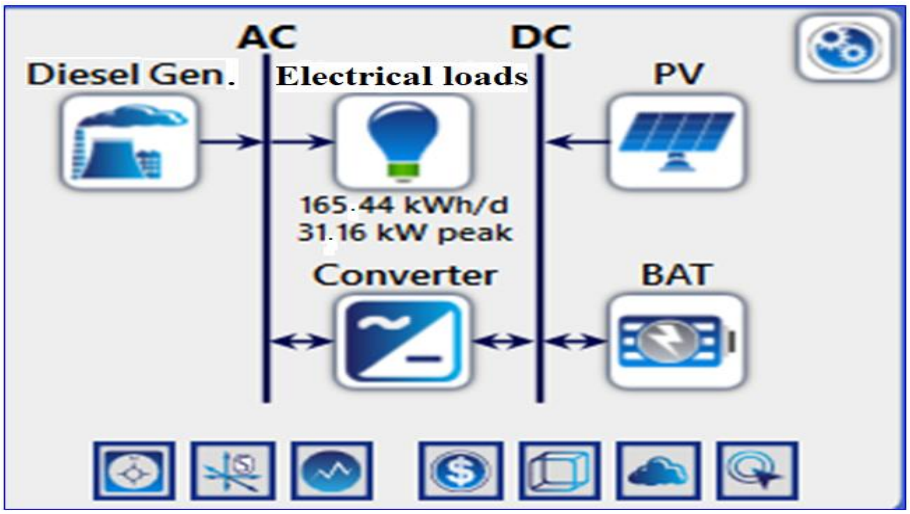


Fig. 13. Diagram of the system proposed by the HOMER Pro Software

After entering this data and launching the calculation (simulation), HOMER Pro provides us with results, which we will present below.

3 Results And Discussion

3.1 Simulation Results For Different Scenarios

The simulation results are summarized in Tables 1.1 and 1.2. These tables present the financial details and system performance. Five scenarios were considered in the calculation of the results. These scenarios were obtained by automatically removing one or more system components before the simulation. They are:

- **Scenario 1:** Complete system (PV generator + Diesel generator + Storage + DC/AC converter);
- **Scenario 2:** Removal of the PV generator (Diesel generator + Storage + DC/AC converter);
- **Scenario 3**: Removal of the Diesel generator (PV generator + Storage + DC/AC converter);
- **Scenario 4:** Removal of the PV system, storage, and inverter (Diesel generator);
- **Scenario 5:** Removal of the storage system (PV generator + Diesel generator + DC/AC converter);

Tables 1.1 and 1.2 present the results of the HomerPro simulation, which ranks the different scenarios in order of best performance.

Table 1.1. Summary of simulation results

Configuration								Costs				Systems		Diesel generator					PV generator	
				PV generator (kW)	Diesel generator (kW)	Batteries	DC/AC converter (kW)	Energy cost (COE) in F cfa	Net updated cost (NPC) in F cfa	Operating cost in F cfa	Initial capital in F cfa	Renewable energy faction (Ren Frac) in %	Total quantity of fuel (in Litres/year)	Operating time in (hours)	Production (in kWh)	Fuel consumed (in litre)	Operating and de maintenance Cost (O&M cost) (in F cf/an)	Fuel cost in (F cfa)	Capital (in F cfa)	Production (in kWh/year)
✓		✓	✓	43.4		144	35.8	10,4	8.12 Millions	107 215	6,73 Millions	100	0						5 486 468	74 822
✓	✓	✓	✓	43.5	100	144	30.8	15,63	12.2 Millions	50 621	11.5 Millions	100	0	0	0	0	0	0	5 498 180	74 982
	✓	✓	✓		100	1824	96.9	262,41	205 Millions	14.3 Millions	19.8 Millions	0	20 648	616	61 444	20 648	68 672	13 937 476		
✓	✓		✓	221	100		38.4	798,77	624 Millions	45.7 Millions	32.9 Millions	0	65 053	4 613	138 390	65 053	514 257	43 910 456	27 985 484	381 655
	✓				100			1432	1.12 Milliard	86.1 Millions	4.82 Millions	0	123 534	8760	262 802	123 534	976 565	83 385 488		

Table 1.2. Summary of simulation results

Configuration								Batteries				DC/AC converter	
				PV generator (kW)	Diesel generator (kW)	Batteries	DC/AC converter (kW)	Autonomy (heure)	Total quantity of energy that passes throuth the batteries (charge-discharge) pro year	Nominal capacity (kWh)	Usable capacity (en (kWh)	Average power of rectifier (kW)	Average power of DC/AC converter(kW)
✓		✓	✓	43.4		144	35.8	105	25 360	1029	721	0	6.89
✓	✓	✓	✓	43.5	100	144	30.8	105	25 335	1029	721	0	6.89
	✓	✓	✓		100	1824	96.9	1324	61 228	13 040	9128	6.43	6.40
✓	✓		✓	221	100		38.4					0	5.26
	✓				100								

: PV Generator
: Diesel Generator
: Batteries
: DC/AC Converter

3.2 ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL ANALYSIS OF THE RESULTS

Table 1 summarizes the results of the five (5) scenarios; however, each scenario contains more detailed system results. For the analysis, we will present the results of the different scenarios in tables to simplify the process.

3.2.1 ECONOMIC ANALYSIS

This analysis will primarily consider four costs:

- Initial capital in CFA francs (FCFA);
- Operating cost in CFA francs per year (FCFA/year);
- Life cycle cost (LCC) or Net present cost (NPC) in FCFA;
- Cost of energy (COE) in CFA francs (FCFA).

The results in Table 1 allow us to create Table 2 (comparative table):

Table 2. Different Costs of the 5 Scenarios

Scenarios	Initial capital (FCFA)	Operating cost (FCFA/year)	Initial capital + operating cost for 20 years (FCFA)	Life cycle cost (FCFA)	Energy cost (FCFA)
Scenario 1	11.5 Millions	50 621	12.513 Millions	12.2 Millions	15.63
Scenario 2	19. 8 Millions	14.3 Millions	306.813 Millions	205 Millions	262.41
Scenario 3	6.73 Millions	107 215	8.875 Millions	8.12 Millions	10.4
Scenario 4	4.82 Millions	86.1 Millions	1.727 Milliards	1.12 Millions	1432
Scenario 5	32.9 Millions	45.7 Millions	946.9 Millions	624 Millions	798.77

In terms of initial capital and operating costs, we observe that:

- Scenario 4 has the lowest initial capital of all, but the highest operating costs compared to the other scenarios; projecting over 20 years, this scenario becomes the most expensive on the list.

  Therefore, financially speaking, this scenario is not feasible for our system.

- Scenario 5 has a very high cost compared to the other three (scenarios 1, 2, and 3), both for initial investment and operating costs.

  Therefore, scenario 5 is also not feasible for our system because it is very expensive [6], [7].

- Scenario 2 is also unsuitable for our system, because when compared to scenarios 1 and 3, we find that it has higher investment and operating costs.

- Between scenarios 1 and 3, the 20-year projection shows that scenario 3 is the most financially suitable, followed by scenario 1.

Indeed, the best economic indicators for choosing the best scenario for our system are the life-cycle cost and the energy cost [8], [9]. The best system is the one with the lowest life-cycle and energy costs.

Thus, we note in Table 2 that the best scenario in terms of economics is scenario 3, ahead of scenario 1. This confirms the results of the analysis on initial capital and operating costs.

3.2.2 ENVIRONMENTAL ANALYSIS

We summarize the results with an environmental impact in Table 3:

Table 3. Simulation Results on Environmental Impact

Scenarios	Energy production (%)		Fuel consumption (litre/day)	Emissions (kg/year)					
	PV	Diesel		Carbon dioxide (CO_2)	Ccarbon monoxide (CO)	Unburned hydrocarbon	Fine particles	Sulfur dioxide	Nitrogen oxide
Scenario 1	97	03	02.7	2607	2.26	0.326	0.237	6.33	4.21
Scenario 2	00	100	56.6	54536	47.3	6.81	4.94	132	88
Scenario 3	100	00	00	00	00	00	00	00	00
Scenario 4	00	100	338	326279	283	40.8	29.6	792	526
Scenario 5	23.3	78.7	178	171817	149	21.5	15.6	417	277

- We note that scenario 3 has no emissions because it does not contain a diesel generator.
- For the other scenarios, the more the diesel generator is used (high fuel consumption), the greater the emissions (gaseous and particulate).
- Since the emissions of scenarios 4 and 5 are too high, they are not suitable for our system.

Therefore, we will choose the first three scenarios (1, 2, and 3).

- Of these three scenarios, scenario 3 is the most environmentally friendly because it emits no harmful gases or particles.
- Scenario 1 has very low emissions; it is not perfectly environmentally friendly, but is quite acceptable for our system.
- Scenario 2 does not emit as much as scenarios 4 and 5, but it does produce a significant amount of gaseous and particulate emissions.

3.3 COMPARISON OF ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL ANALYSES

Even before performing the comparison, we note that scenario 3 is not only more economically advantageous but also emits no polluting particles. Thus, scenario 3 (PV Generator – Storage System – DC/AC converter) is ideal for our Mini Smart Grid system in terms of both economic and environmental benefits [11]. With proper sizing of the storage system, we can reduce the intermittency of energy production.

However, in the medium to long term, with population growth and technological advancements (increasing energy needs) as well as climate variations (long periods of low sunlight), energy intermittency may develop in this system. Therefore, the study is extended by selecting scenario 1 (Diesel Generator – PV Generator – Storage System – DC/AC converter) as the best scenario, as this system better manages energy intermittency while offering significant economic and environmental advantages (close to those of scenario 3) [5], [12], [13].

As for scenarios 2, 4 and 5, they cannot be adopted for our Mini Smart Grid because they are not only very expensive but also emit large quantities of gases and particles harmful to the environment.

3.4 INTEGRATION OF ABATEMENT COSTS FOR SCENARIOS 1 AND 2

Abatement costs primarily concern taxes related to pollutant emissions.

Integrating these costs will not affect the results determined above (in either the long or short term), as the scenarios defined as best are also the least polluting. Table 4 provides an overview of abatement costs for different types of pollutants.

Table 4. Table of abatement costs by pollutant emission type [14]

Pollution elements	Carbon dioxide (CO_2)	Carbon monoxide (CO)	Unburned hydrocarbon	Fine particles	Sulfur dioxide	Nitrogen oxide
Cost of abatement ($/kg)	0.27	0.27	0.1566	0.3	0.1566	0.189

4 CONCLUSION

In our study, we designed and analyzed a Mini Smart Grid system for the electrification of the locality of Koumnéré in Burkina Faso. Our main objective was to develop a reliable and sustainable electrification solution using a hybrid power plant composed of a photovoltaic (PV) solar array, an energy storage system, and a diesel generator to compensate for energy intermittency [15], [16].

The results obtained were evaluated across five (5) different scenarios, focusing on economic and environmental aspects. Initially, the PV-storage- DC/AC converter combination (scenario 3) showed significant potential for meeting Koumnéré's energy needs. However, this system presented limitations due to the intermittency of solar production and the variability of electricity demand.

To address these shortcomings, we integrated a diesel generator into the initial system. This configuration, including a PV generator, a diesel generator, a storage system, and an DC/AC converter (scenario 1), proved to be the most efficient. It ensures a continuous and reliable power supply while optimizing costs and reducing the carbon footprint compared to a solution entirely dependent on fossil fuels [16], [17], [18].

In conclusion, the best system proposed for the electrification of the Koumnéré community relies on a synergy between renewable and conventional energy sources. This hybrid system combines the sustainability and environmental benefits of solar PV with the operational reliability of a diesel generator. This approach guarantees a stable and continuous power supply, tailored to the community's needs, while contributing to the energy transition and the reduction of greenhouse gas emissions.

This work highlights the importance of an integrated approach to the development of energy infrastructure in rural areas, reconciling technological innovation, environmental sustainability and economic viability [19], [20].

REFERENCES

[1] H. Y. Yang, «A note on the causal relationship between energy and GDP in Taiwan», Energy Economics, vol 22, n°3, pp.309–317, 2000.

[2] Yu, E. SH. and Choi and Jai-Young, «The causal relationship between energy and GNP: an international comparison», The Journal of Energy and Development, vol 10, pp.249-272, 1985.

[3] T. Zachariadis, «Exploring the relationship between energy use and economic growth with bivariate models: new evidence from G-7 countries», Energy Economics, vol 29, n°6, pp.1233-1253, 2007.

[4] X.P. Zhang and X.M. Cheng, «Energy consumption, carbon emissions and economic growth in China», Ecological Economics, vol 68, n°10, pp.2706-2712, 2009.

[5] Md. Sazal Miah, Md. Abdul Momen Swazal, S. Mittro and Md. Morshedul Islam, «Design of a Grid-Tied Solar Plant Using Homer Pro an Optimal Home Energy Management System», IEEE international Conference for Innovation in Technology (INOCON), Bangluru, India, Nov 6-8, 2020.

[6] Y. Wang, W. Saad, Z. Han, H. V. Poor, and T. Başar, «A Game-Theoretic Approach to Energy Trading in the Smart Grid», IEEE Transactions on Smart Grid, 2013.

[7] I. S. Bayram, M. Z. Shakir, M. Abdallah and K. Qaraqe, «A Survey Energy Trading in Smart Grid», IEEE Global Conference on Signal and Information Processing (GlobalSIP), pp. 258-262, 2014.

[8] A. Saad, Y. Tarek, A. T. Elsayed, A. Amin, O. H. Abdalla and O. Mohammed, «Data-Centric Hierarchical Distributed Model Predictive Control for Smart Grid Energy Management», IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol 15, n°7, pp.4086-4098, 2018.

[9] INSD. Fiche des localités 5e RGPH-17-02-2022-Final. INSD.
[Online] Available: https://www.insd.bf/fr/file-download/download/public/2056. (Consulté le 16/06/2023).

[10] Contribution au pilotage des sources hybrides d'énergie électrique:
[Online] Available: https://www.semanticscholar.org/paper/Contribution-au-pilotage-des-sources-hybrides-Zandi/9ce179709215361 c2f5a33d1d00037923de6cbc4/figure/133. (Consulté le 17/06/2023).

[11] Exemple de systèmes hybrides énergie renouvelable: [Online] Available: https://images.app.goo.gl/n2tSbcaZ6yMRJqgm9 (Consulté le 07/07/2023).

[12] A. Nsengiyumva, «Impact de l'électrification des zones rurales par des systèmes photovoltaïques autonomes sur l'économie du Burundi», Revue des Energies Renouvelables, vol 20, no 3, pp 471-482, 2017.

[13] D. Burtt and P. Dargusch, «The cost-effectiveness of household photovoltaic systems in reducing greenhouse gas emission in Australia: Linking subsidies with emission reductions», Applied Energy, vol 148, pp. 439-448, 2015.

[14] Barème de la taxe générale sur les activités polluantes – année 2022. [Online] Available: https://www.komptaco.com/les-infos-du-jour/bareme-de-la-taxe-generale-sur-les-activites-polluantes-annee-2022/ (Consulté le 10/10/2023).

[15] G. Ehrendreih, «Smart Discussion on Smart Grids», Midwest Energy Efficiency Alliance, 2018.

[16] J. Ruer, «Le stockage d'électricité à grande échelle», La Revue de l'Énergie n°608, pp. 277-288, 2012.

[17] E. Korsaga, Z. Koalaga, D. Bonkoungou and F. Zougmoré, Comparaison et détermination des dispositifs de stockage appropriés pour un système photovoltaïque autonome en zone sahélienne, Journal International de Technologie, de l'Innovation, de la Physique, de l'Energie et de l'Environnement, vol 4, n° 1, 2018-http://dx.doi.org/10.18145/jitipee.v4i1.161

[18] B. P. Roberts and C. Sandberg, «The Role of Energy Storage in Development of Smart Grids», Proceedings of the IEEE, Vol. 99, No. 6, pp. 1139-1144, 2011.

[19] F. F. Wu, P. P. Varaiya and R. S. Y. Hui, «Smart Grids with Intelligent Periphery: An Architecture for the Energy Internet», Engineering Vol 1, no 4, pp 436–446, 2015.

[20] B. Morvaj, L. Lugaric and S. Krajcar, «Demonstrating Smart Buildings and Smart Grid features in a Smart Energy City», Proceedings of the 2011 3rd international youth conference on energetics (IYCE), pp. 1-8, 2011.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 981-991
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Durabilité économique des systèmes de production du mil et niébé de Karma dans un contexte de changement climatique

[Economic sustainability of Karma millet and cowpea production systems in a context of climate change]

Razinatou Yacouba Ali and Boubacar Soumana

Département de Sociologie et Economie Rurales (DSER), Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni Laboratoire d'Analyse et de Recherche en Sociologie et Economie Rurales (LARSER), Niamey, Niger

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

ABSTRACT: In Niger, the vulnerability of rural households is increasingly accentuated insofar as they depend mainly on rain-fed agriculture, which has been subject for several decades to the devastating effects of climate change. Thus, the issue of the sustainability of agriculture in development policy should not be overlooked. In this sense, this study is focused on assessing the economic sustainability of 234 millet and Karma cowpea farms in a context of climate change. To assess the performance of this dimension, 11 indicators divided into 4 components of the IDEA (Indicator of Sustainability of Agricultural Operations) version 4 method have been defined. The formulas for calculating scores by indicator, by component and then by dimension were developed based on the method developed in the HEA (Household Economic Approach) Extensive approach. Overall, the score for economic sustainability is 2.15, reflecting the low sustainability of these farms. The results show that two indicators were sustainable. These are aid sensitivity and economic transmissibility with respective scores of 3.47 and 2.93. To have an economically viable agriculture, the rest of the indicators should be optimized in order to increase the score of the economic sustainability of the municipality of Karma.

KEYWORDS: economic sustainability, production system, millet, cowpea, climate change, Karma.

RESUME: Au Niger, la vulnérabilité des ménages ruraux s'accentue de plus en plus dans la mesure où ils dépendent principalement de l'agriculture pluviale sujette depuis quelques décennies aux effets dévastateurs du changement climatique. Ainsi, l'enjeu que représente la durabilité de l'agriculture dans la politique du développement n'est pas à négliger. En ce sens, cette étude est focalisée sur l'évaluation de la durabilité économique de 234 exploitations agricoles du mil et niébé de Karma dans un contexte de changement climatique. Pour évaluer la performance de cette dimension, 11 indicateurs répartis dans 4 composantes de la méthode IDEA (Indicateur de Durabilité des Exploitations Agricoles) version 4 ont été définis. Les formules de calcul des scores par indicateur, par composante puis par dimension ont été élaborées en s'inspirant de la méthode développée dans l'approche HEA (Household Economic Approch) Extensive. Dans l'ensemble, le score de la durabilité économique est de 2,15 traduisant ainsi une faible durabilité de ces exploitations agricoles. Les résultats montrent que deux indicateurs ont été durables. Il s'agit de la sensibilité aux aides et de la transmissibilité économique avec des scores respectifs de 3,47 et 2,93. Pour avoir une agriculture économiquement viable, il faudrait optimiser le reste des indicateurs en vue d'augmenter le score de la durabilité économique de la commune de Karma.

MOTS-CLEFS: performance économique, système de production, mil, niébé, changement climatique, Karma.

Corresponding Author: Razinatou Yacouba Ali

1 INTRODUCTION

Parmi les problèmes les plus préoccupants de notre époque, la variabilité et les changements climatiques, la croissance démographique rapide et les mutations environnementales (empreinte écologique, déforestation, dégradation des sols, etc.) font l'objet de plusieurs débats. La référence [1] alerte que « si nous ne prenons pas dès maintenant des mesures pour renforcer la durabilité, la productivité et la résilience de l'agriculture, les effets du changement feront peser une lourde menace sur la production alimentaire de pays et de régions déjà fortement exposés à l'insécurité alimentaire. En plus de mettre en péril la réalisation des objectifs de développement durable clés consistant à éliminer la faim et la pauvreté d'ici à 2030, ces effets continueront de prendre de l'ampleur au-delà de 2030 et les dommages qu'ils causeront à l'agriculture seront considérables ». Les questions de vulnérabilité et d'adaptation de l'agriculture vivrière se posent avec une extrême acuité. Il est en effet capital de connaitre l'influence du changement sur l'agriculture. Une transformation profonde du système alimentaire et agricole mondial est nécessaire pour assurer une capacité d'adaptation accrue des petits exploitants et une transition des pays vers un développement résilient au climat et à faible émission. Toutefois, le facteur temps est important. Des mesures doivent être prises dès maintenant pour garantir une alimentation et une agriculture durables pour l'avenir [1].

La problématique de l'incidence des changements climatiques sur la production agricole a fait déjà l'objet de nombreux travaux scientifiques à l'échelle mondiale, sur plusieurs régions et pays [2]; [3]. Une étude sur les scénarios climatiques et les rendements agricoles futurs a montré qu'à l'horizon 2025, les changements climatiques vont entraîner une baisse considérable des rendements des principales cultures en Afrique sub-saharienne [3]; [4], alors que les populations de la plupart de ces pays africains doubleront ([3]; [5].

A l'instar des autres pays du monde, principalement ceux en voie de développement jugés plus vulnérables, le Niger subit de plein fouet les effets des changements climatiques. Au Niger, les changements climatiques touchent tous les secteurs de la vie socioéconomique tels que : l'agriculture, l'élevage, la foresterie, les ressources en eau, la faune, la pêche, les zones humides et la santé, entre autres. Les populations rurales, qui vivent essentiellement de l'un ou l'autre de ces secteurs sont du coup victimes des perturbations climatiques [6].

L'agriculture représente l'un des piliers des producteurs ruraux. Elle assure l'alimentation humaine et animale à travers la fourniture de ses divers produits finis. Elle représente plus de 40% du produit intérieur brut national et constitue la principale source de revenus pour plus de 80% de la population [7]. Ces dernières années, sous le coup de la démographie galopante et de l'instabilité liée au climat, cette agriculture fait face à une incapacité de couverture de besoins alimentaires. Au Niger, sur la période de 1960-2003 seules onze (11) campagnes agricoles ont été excédentaires. L'insécurité alimentaire à laquelle font face les populations est chronique. En effet, des groupes de populations connaissent chaque année une insécurité alimentaire et nutritionnelle suite notamment à de mauvaises récoltes et/ou à une insuffisance de revenus pour accéder convenablement à l'alimentation [8]. Au vue de l'importance du rôle joué par l'agriculture pour la sécurité alimentaire des ménages ruraux, il est impératif d'étudier les systèmes de production afin de mieux comprendre les postes stratégiques pour lesquels les décisions idoines doivent être prises en vue d'améliorer la situation économique des producteurs ruraux.

S'agissant du développement durable, la plupart des définitions adoptées par les analyses économiques rejoignent la conception de [9] qui est « un mode de développement qui répond aux besoins des générations présentes, sans compromettre la capacité des générations futures de répondre les leurs ».

Les écoles de l'économie écologique contredisent la théorie néoclassique de « soutenabilité faible » par une « soutenabilité forte » et trouvent qu'aucune substitution n'est envisageable entre capital naturel et technique et préconisent une certaine implication des institutions dans la conservation de la nature pour les générations futures.

Dans la littérature, l'idée maîtresse dans le concept de durabilité se base le plus souvent sur l'objectif de durabilité, lequel est généralement d'évaluer la capacité des systèmes à demeurer productif à long terme. Après avoir traduit la performance par la durabilité d'un système, [10] la définisse comme « le caractère soutenable d'un modèle, quel qu'il soit (économique, social, techniques, etc.) est l'état d'un système et ses capacités à perdurer dans le temps ». Dans un sens large, [11] définissent la durabilité comme un concept qui répond aux besoins actuels sans compromettre les besoins des générations futures. La référence [12] poursuivent en disant que la durabilité signifie une bonne gestion environnementale et des communautés agricoles rentables et prospères ou autrement dit, qui sont viables et vitales. En somme, la littérature fait cas de trois types de durabilité qui sont : la durabilité agro écologique, la durabilité socio-territoriale et la durabilité économique. La présente étude axée sur l'analyse des résultats économiques à travers leurs orientations techniques et financières abordera la durabilité des systèmes de production du mil et niébé dans sa dimension économique.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATERIEL

2.1.1 ZONE D'ETUDE

Située à 35 Km à l'ouest de la capitale Niamey, la commune rurale de Karma est limitée à l'Est par celle de Hamdallaye et la ville de Niamey, au Nord par la commune rurale de Simiri, à l'Ouest par celle de Kourtèye, au Sud par les communes rurales de Bitinkodji et de Namaro à travers le fleuve Niger.

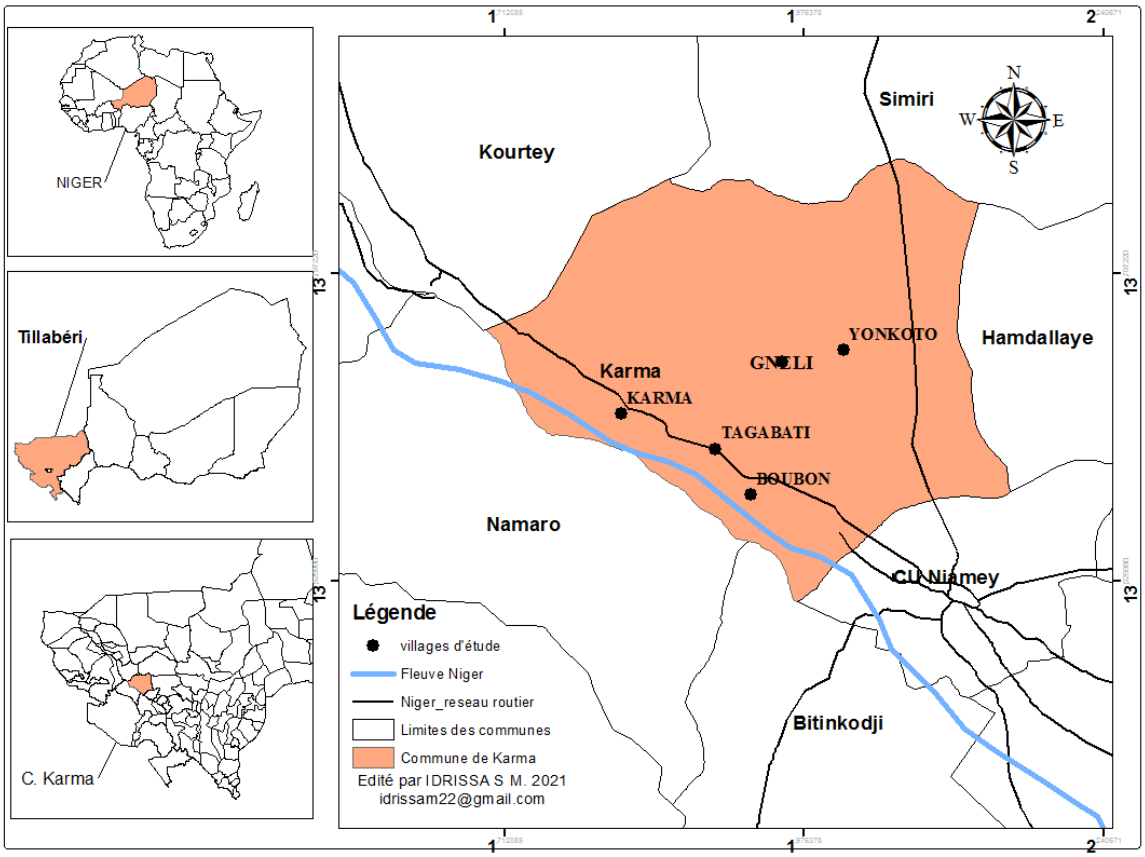


Fig. 1. Localisation des sites d'études

2.1.2 COLLECTE DE DONNÉES

Deux étapes complémentaires ont servi à collecter les données. En premier lieu, l'étape dite exploratoire a permis d'identifier les villages de forte production du mil et niébé au sein de la zone d'étude. La seconde étape d'investigation a permis d'effectuer des enquêtes approfondies. Elle se compose de l'échantillonnage et de la collecte des données primaires. L'échantillonnage a consisté au choix des villages cibles. Cinq (5) villages représentant 10% du nombre total des villages de forte production de mil et niébé ont été sélectionnés en tenant compte de l'accessibilité de la zone au plan sécuritaire mais aussi du poids démographique de chaque village. Les villages retenus pour la suite de l'étude sont : Karma, Tagabati, Gneli, Boubon et Yonkoto. Au sein de chaque village, la liste des ménages agricoles a servi de base. Cette liste est fournie par les Services de l'Agriculture. L'activité principale de l'exploitant, son statut de chef du ménage et son ancienneté dans l'exercice de l'activité principale sont les critères qui ont été considérés pour le tri des ménages à investiguer. Comme méthode, le tirage aléatoire simple sans remise a été utilisée après avoir numérotés tous les ménages de 1 à N au niveau de chaque village. Un remplacement des ménages absents a été fait suivant la même procédure de tirage. Pour déterminer la taille de l'échantillon, l'approximation normale de la distribution binomiale proposée par [13] a été utilisée. Elle est donnée par la formule suivante:

$$N = \frac{[P_i\,(1-P_i)*(U_{1-\frac{\alpha}{2}})^2]}{d^2} \qquad (1)$$

Où :

N = taille de l'échantillon ;
P_i = la proportion des ménages agricoles ;
$U\ (1-\alpha/2)^2$ = la valeur de la variable aléatoire normale pour la valeur de probabilité 1 - α/2 ;
α = étant le risque d'erreur. Pour α =5%, la probabilité 1 - α/2 = 0,975 et $U\ (1-\alpha/2) = 1,96$.
d = marge d'erreur d'estimation, retenue à 5%.

Ce qui a permis d'avoir un total de 234 producteurs du mil et du niébé à partir des valeurs de P issues de la phase exploratoire. Pour trouver l'effectif des sous-échantillons dans chaque village retenu, la méthode de proportionnalité a été utilisée. Le taux d'échantillonnage ou de sondage encore appelé coefficient k a été calculé tel que : k=n/N où n est la taille de l'échantillon et N est la taille de la population totale. Enfin, les enquêtes ont été menées de façon individuelle en fonction de la disponibilité des producteurs afin de recueillir les informations nécessaires pour notre étude à travers des questionnaires.

2.2 MÉTHODES

Cette étude est basée sur le modèle de durabilité forte encore appelée théorie d'économie-écologique. Les pionniers de cette théorie perçoivent l'économie comme faisant partie de l'écologie. Cette liaison forte de l'économie à l'écologie leur confère un caractère indissociable : d'où cette qualification de « soutenabilité forte » évoquée par plusieurs auteurs [14]. Ce choix du modèle suivant le courant de la pensée de l'école de Londres n'est pas fortuit. En effet, cette école priorise l'intervention du publique dans l'atteinte du développement durable. En ce sens, la présente étude intègre les porteurs d'enjeux que sont les producteurs dans la définition du cadre conceptuel afin de mieux prendre en compte les besoins et réalités du terrain dans la définition des critères répondant aux grands enjeux de la durabilité [15].

Pendant que les méthodes IDEA ou MASC s'appuient sur les trois piliers de la durabilité, certains auteurs ([16]; [17]; [18]; [19]) ont pris soin de développer des approches s'appuyant sur des attributs ou propriétés systémiques afin de définir la durabilité. D'autres comme [20] avait recensé trente propriétés systémiques utilisées dans les méthodes d'évaluation de la durabilité. Des méthodes reposant sur 6 axes majeurs et 5 attributs ont été proposées également par [16] et [21].

L'outil IDEA (Indicateur de Durabilité des Exploitations Agricoles) explique et mesure le développement durable en se focalisant sur trois aspects fondamentaux (agroécologique, socio-territoriale et économique). Au fil du temps, cet outil pédagogique a subi des révisions. C'est ainsi que plusieurs auteurs tels que [22]; [23]; [24] l'ont utilisé dans des versions différentes. La méthode IDEA v3 est la plus utilisée dans le monde du développement agricole et de la recherche en Europe [25]. Selon [26], les précédentes versions d'IDEA ont été considérées comme « non participatives » dans le sens où les agriculteurs et les autres acteurs ne participent pas à la définition des objectifs de la durabilité. D'où le choix de IDEA v4 pour la suite de l'étude.

L'intérêt majeur de cette méthode est sa grande lisibilité pour les producteurs. Elle repose sur des indicateurs facilement renseignés qui reflètent des notions plus complexes en un temps record. Elle s'intéresse au système technico-économique dans ses fonctions productives ainsi qu'à la manière dont il s'insère dans la zone d'étude. Son objectif est d'orienter l'agriculteur vers des voies de progrès en lui proposant une grille qui pourra permettre de réaliser une évaluation ex post de son propre système de production. Cette évaluation lui permettra de se positionner par rapport aux années précédentes.

Le cadre conceptuel d'IDEA v4 est basé sur la combinaison de deux approches évaluatives de la durabilité de l'exploitation agricole : l'une par les objectifs de l'agriculture durable et l'autre par les propriétés des systèmes agricoles durables. Cette combinaison aboutit au final à deux grilles de lecture évaluatives, structurées respectivement selon les trois (3) dimensions du développement durable (agroécologique, socio-territoriale et économique) et selon les 5 propriétés des systèmes agricoles durables (autonomie, robustesse, capacité productive et reproductive de biens et services, ancrage territorial et responsabilité globale) [27]. Cette étude privilégie l'approche d'évaluation de la performance selon les dimensions de la durabilité en prenant pour cible la dimension économique de l'exploitation agricole en vue de mettre le producteur à l'aise dans son intervention. La durabilité économique a pour rôle d'analyser les résultats économiques d'un système de production à travers ses orientations techniques et financières. Dans la pratique, pour l'ensemble des trois dimensions, l'agrégation des indicateurs de IDEA v4 se structure en 13 composantes et 53 indicateurs [27]. Elle part de l'hypothèse qu'il est possible de quantifier les diverses caractéristiques des systèmes agricoles en leur attribuant une note chiffrée puis d'agréger les informations obtenues pour avoir un score. Ainsi, l'échelle économique constitue un baromètre économique qui aide à comprendre les résultats économiques au-delà du court terme [28]. Aussi, la durabilité économique précise-t-elle les notions essentielles relatives à la fonction entrepreneuriale de l'exploitation. Cette étude réunit 4 composantes et 11 indicateurs sous la coupe de la dimension économique. La démarche d'estimation de la durabilité économique a consisté à une pondération des scores et à l'élaboration de deux formules de calcul inspirée par la méthode HEA Extensive proposée par [29].

2.2.1 PONDÉRATION DE L'ENSEMBLE DES SCORES DE PERFORMANCE DE CETTE ÉTUDE

Elle est faite sur la base d'une échelle allant de 0 à 5 pour l'ensemble des indicateurs afin de permettre aux producteurs d'avoir une même compréhension des différents niveaux pour mieux répondre aux questions sans ambiguïté. Ainsi, 0 est représenté par Rien (0 = Rien). C'est le niveau selon lequel il n'existe aucun résultat en lien avec la question posée. L'échelle de pondération 1 apparaît lorsque la réponse à la question posée indique une représentation extrêmement faible (1 = Extrêmement faible). 2 indique que le niveau est faible (2 = faible) alors que 3 montre un niveau Moyen (3 = Moyen). L'échelle est de 4 lorsque l'élément de réponse à la question posée possède une représentation forte (4 = Fort) et 5 une représentation très forte (5 = Très fort).

2.2.2 MÉTHODE DE CALCUL DU SCORE DE LA DURABILITÉ ÉCONOMIQUE

La formule de calcul ci-après a permis d'avoir le score de durabilité économique (*SDE*). Il s'agit de la somme des scores des indicateurs économiques divisée par le nombre total des indicateurs économiques. Cette formule fournit un résultat identique à celui donné par la somme des scores des composantes économiques rapportée au nombre total des composantes économiques de l'étude.

$$SDE = \frac{\sum_{s=0}^{5} sIE}{NtIE} = \frac{\sum_{s=0}^{5} sCE}{NtCE} \quad (2)$$

Où :

sIE est le score des indicateurs économiques ;
NtIE constitue le nombre total des indicateurs économiques ;
sCE représente le score des composantes économiques ;
NtCE indique le nombre total des composantes économiques en présence.

2.2.3 CALCUL DES SCORES PAR COMPOSANTE

Il est à noter qu'au sein de chacune des performances, le score de chaque composante (*sC*) est obtenu par la somme des scores de ses indicateurs rapportée au nombre total des indicateurs concernés selon la formule suivante :

$$sC_{\text{i}} = \frac{\sum_{s=0}^{5} sI_{\text{i}}}{NtI_{\text{i}}} \quad (3)$$

Où :

sC_i est le score de la composante $_i$;
$_i$ représente la nature de la composante ;
sI_i constitue le score des indicateurs de la composante $_i$;
NtI_i est le nombre total des indicateurs de la composante $_i$.

2.2.4 MÉTHODE D'ÉVALUATION DE LA DURABILITÉ ÉCONOMIQUE

L'évaluation de la durabilité économique de la présente étude s'appuie sur l'outil IDEA v4 de [27], la méthode HEA Extensive proposée par [29] et les formules de calcul élaborées en méthodologie. Au total, 11 indicateurs ont fait l'objet de l'étude. Ces indicateurs sont repartis dans 4 composantes de la dimension économique. Il s'agit de la composante « viabilité économique et financière », de la composante « indépendance », de la composante « transmissibilité » et de la composante « efficience globale ». Le calcul des scores a été fait sur la base des formules de calcul élaborées en méthodologie inspirée de l'approche HEA Extensive. Le poids accordé à chaque indicateur varie de 0 à 5, le total des scores de la dimension économique varie entre 0 et 5. Après attribution des notes par les 234 producteurs par indicateur, la moyenne des notes de chaque indicateur est retenue comme score. Ainsi, plus le score est élevé (supérieur à 2,5), plus l'exploitation est considérée comme durable pour l'indicateur considéré. Le sous-total de scores de chaque composante, donné par la somme des scores des indicateurs rapportée au nombre total d'indicateurs de la composante se situe également entre 0 et 5. Le total de scores des 11 indicateurs ou celui des sous-totaux des scores des composantes divisé dans le premier cas par 11 et dans le second cas du nombre des composantes existantes (4) représente la durabilité économique de cette étude. En conséquence, un score qui excède la moitié (2,5) du total de la dimension économique (5) indique que les systèmes de production des exploitations agricoles de la zone

sont durables sur ladite dimension. Lorsque le score n'atteint pas la moitié (inférieur à 2,5) du total de la dimension, on dit que les systèmes de production étudiés ne sont pas durables sur le plan économique.

3 RESULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIODÉMOGRAPHIQUES DES PRODUCTEURS ENQUÊTÉS

L'âge moyen de ces exploitants est de 48 ±14 ans. Toutefois, le plus jeune a 30 ans et le plus âgé des exploitants a 92 ans. Le nombre d'années d'expériences en agriculture est en moyenne de 41 ans. La taille moyenne des ménages est de 11±4,090 personnes. Les nombres de personnes de l'exploitation moyen est 7 personnes avec un écart type de 3 tandis que le nombre d'actifs agricoles moyens est de 4,89 avec 2,14 comme écart type. Les résultats montrent que la quasi-totalité des agriculteurs enquêtés au sein de la commune rurale de Karma sont des hommes (98,72%). S'agissant du niveau d'instruction des chefs de ménage, on remarque une prédominance de non instruits (47,01%) avec un niveau supérieur représenté par une minorité de chefs d'exploitations enquêtés (9,83%). Par ailleurs, l'agriculture demeure la principale activité des chefs d'exploitations. Quant aux modes d'accès à la terre, la majorité des terres exploitées ont été acquises par héritage à 62,39% par les exploitants agricoles et 28,63% des producteurs sont en état de prêt.

Tableau 1. Caractéristiques générales des enquêtés

Caractéristiques quantitatives				
Variables	**Catégories socioéconomiques**			
	Min	**Max**	**Moy**	**Ecart type**
Age du chef d'exploitation (année)	30	92	48,38	14,183
Nombre d'années d'expérience en agriculture	22	85	40,98	14,187
Taille du ménage	4	21	10,76	4,090
Nombre de personnes de l'exploitation	2	17	7,62	3,335
Nombre d'actifs agricoles	1	12,5	4,895	2,1353

Caractéristiques qualitatives		
		Pourcentage (%)
Niveau d'instruction des chefs de ménage	Non instruit	47,01
	Ecole coranique	29,91
	Alphabétisation	2,14
	Secondaire	11,11
	Supérieur	9,83
Sexe du chef	Masculin	98,72
	Féminin	1,28
Mode de faire valoir	Héritage	62,39
	Achat	6,41
	Location	2,56
	Prêt	28,63

3.2 DURABILITÉ ÉCONOMIQUE DES SYSTÈMES DE PRODUCTION

La figure 2 donne le pourcentage des exploitants agricoles investigués dans la commune rurale de Karma selon l'échelle de la durabilité économique regroupé en quatre composantes. Il a été constaté que la composante « indépendance » est la plus représentée (42%) face à l'«efficience globale » qui l'est moins (17%).

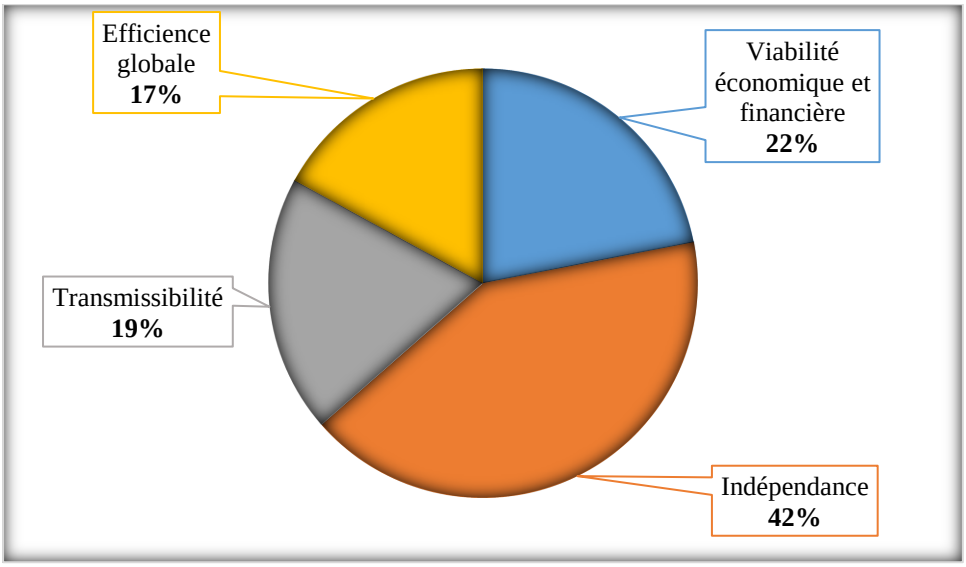


Fig. 2. Répartition des exploitants en fonction des composantes de durabilité économique du système de production

3.3 Score De La Durabilité Économique Des Systèmes De Production

Les scores des onze indicateurs de la durabilité économique et ceux des quatre composantes dont elle renferme sont représentés dans le tableau 2. Après analyse, le constat est fait que seuls deux indicateurs possèdent des scores supérieurs à 2,5 donc s'avèrent être durables économiquement. Il s'agit de la sensibilité aux aides (3,47) puis de la transmissibilité économique (2,93). Pendant qu'aucune des composantes n'a été durable. De manière globale, l'étude a obtenu un score de durabilité économique (*SDE)* inférieur à 2,5. Ce score de l'ordre de 2,15 indique alors que les systèmes de production étudiés dans cette zone ne sont pas durables suivant la dimension économique.

Tableau 2. Indicateurs et scores des variables évaluant la durabilité économique du système de production

Composantes	Indicateurs économiques	Score	Plafond
Viabilité économique et financière	Capacité économique	2,37	5
	Poids de la dette	1,99	5
	Taux d'endettement structurel	0,83	5
	Score composante 1	**1,73**	**5**
Indépendance	Diversification productive	2,37	5
	Diversification et relations contractuelles	2,01	5
	Sensibilité aux aides	3,47	5
	Contribution des revenus extérieurs à l'indépendance	1,99	5
	Score composante 2	**2,46**	**5**
Transmissibilité	Transmissibilité économique	2,93	5
	Pérennité probable	1,66	5
	Score composante 3	**2,29**	**5**
Efficience globale	Efficience brute du processus productif	2,37	5
	Sobriété en intrants dans le processus productif	1,66	5
	Score composante 4	**2,01**	**5**
Total	***SDE***	**2,15**	**5**

$$SDE = \frac{1{,}73 + 2{,}46 + 2{,}29 + 2{,}01}{4} = 2{,}15$$

Cette dimension analyse les résultats économiques en se basant sur les orientations techniques et financières du système de production. Les résultats issus de l'interprétation de la figure 3 indique que des quatre composantes non durables, celle allouée à l'« indépendance » se rapproche du niveau de durabilité moyen avec un score de 2,46/5 alors que la composante « viabilité économique et financière » est celle qui est faiblement représentée de par son score qui est de 1,73/5.

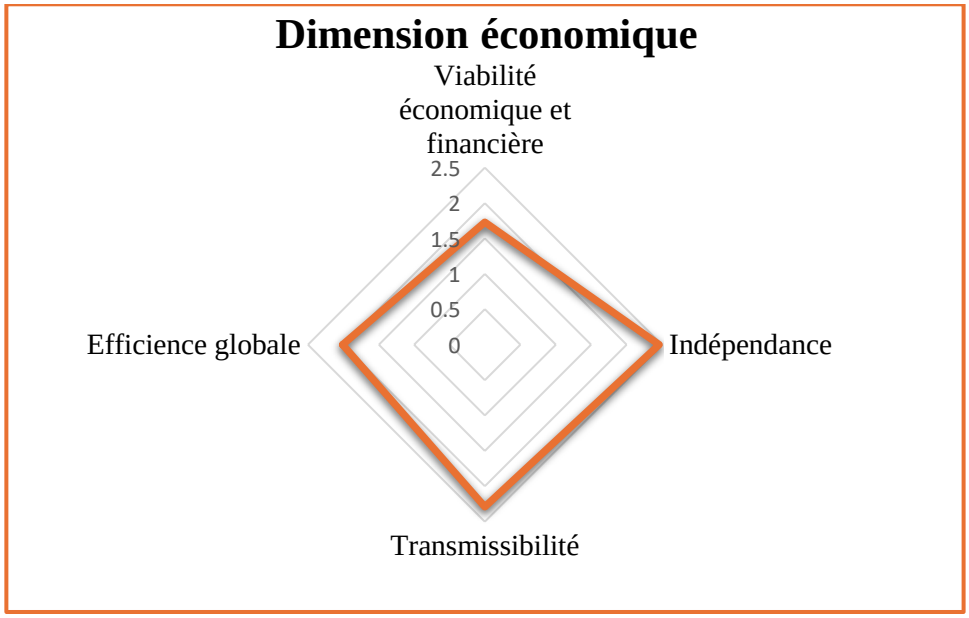


Fig. 3. Durabilité économique des systèmes de production de la commune de Karma

4 DISCUSSION

L'agriculture étant la principale activité des enquêtés de la commune de Karma, le temps qu'ils lui consacrent reste de loin plus large que celui d'autres activités auxquelles ils s'adonnent [30]. Les scores des indicateurs en lien avec la durabilité économique sont rassemblés par composante et indiquent que la capacité économique des exploitants agricoles doit être améliorée pour leur permettre d'être financièrement stables. Le faible score enregistré à ce niveau (2,37) diverge des résultats obtenus au Bénin par [31] qui ont eu un score de 2,92 et 2,58 pour les composantes « rentabilité » et « productivité » respectivement. Ils précisent que les producteurs d'ignames ne disposent pas d'une autonomie financière mais l'activité leur est rentable. En milieu rural, l'économie reste la meilleure arme de redressement des producteurs face aux divers chocs existants. En ce sens, les premiers théoriciens de l'économie moderne ont relevé l'importance de l'agriculture pour la survie de l'espèce humaine [32]. Pour cela, les exploitants agricoles pratiquent des activités génératrices de revenus afin de pouvoir joindre les deux bouts. Pour la transmissibilité économique, elle s'est avérée satisfaisante mais doit tout de même être améliorée. Elle enregistre un score de 2,93. Aussi, le degré de compétence de la main d'œuvre coiffé par le temps passé sur la culture montre une main d'œuvre à la formation suffisante pour assurer les opérations liées au système de production. Cependant, force est de constater que malgré cette main d'œuvre jugée suffisante, un effort reste à être fourni sur le degré de mécanisation du système de production. Bien que faiblement utilisée à Karma contrairement aux exploitations enquêtées de [33], la mécanisation pourrait avoir une influence positive sur le rendement. Ce qui fera booster le score de la « transmissibilité » tout en réduisant le temps passé sur la culture. Cette mécanisation permettra donc aux producteurs de gagner non seulement en temps lors de la conduite des cultures et de se lancer dans d'autres préoccupations leur ouvrant d'autres portes de sorties pour pallier la pauvreté, les manques d'intrants de qualité qui atténuent leurs rendements mais aussi en argent car diminue les dépenses liées à la main d'œuvre salariée. Ce résultat est confirmé par [34] dans son étude réalisée sur la production de la grande morelle où il déclarait que les producteurs utilisent aussi le plus souvent des systèmes d'irrigation motorisés moins consommateurs en main d'œuvre agricole. Il corrobore également celui des exploitants agricoles du groupe 2 de [33] qui ont une marge brute positive due à l'intensification du système oléicole en irrigué, aux diverses techniques utilisées et au volume d'investissement important de la part des propriétaires exerçant des activités extra-agricoles ou résident à l'étranger. L'aspect économique étant non négligeable dans la vie des producteurs ruraux, le score de durabilité enregistré est de 2,15 mais dénote alors des systèmes de production non durables du point de vue économique dans la commune rurale de Karma. Ce résultat reflète l'image des exploitants agricoles du groupe 1 de [33] qui ont une irrégularité des rendements, un manque de savoir-faire agricole, une gestion inappropriée des ressources et présentent un problème de rentabilité voire logiquement de viabilité. Des études faites sur la dimension économique par les auteurs tels que [35] dans la basse vallée du fleuve Ouémé au Bénin obtinrent un score de 46,33 sur 100 tous types d'exploitations agricoles confondus corroborent les résultats obtenus dans cette étude pendant que d'autres études réalisées possèdent des systèmes durables sur le plan économique au vu de leurs scores. Ce sont [36] avec un score de 60,74% pour les exploitations d'élevage de vaches laitières des bassins de la Mitidja et d'Annaba, [33] avec un score de 64 sur 100 pour les exploitations agricoles irriguées en zones arides

tunisiennes dans la région de Zarzis, [31] avec un score de 50,13 sur 100 et [14] avec un score de 52,62 sur 100 tous au Bénin. [37] avec une marge nette de 190,75 F CFA et 406,47 F CFA et un taux de rentabilité de 367,03% et 403,09% respectivement pour les lots 2 et 3 des vaches métisses au Nord-Bénin.

5 CONCLUSION

L'étude a permis de faire une évaluation de la durabilité économique des exploitations agricoles productrices du mil et niébé de la commune rurale de Karma. Cette évaluation a été faite sur la base des indicateurs regroupés dans quatre composantes ayant des scores variant de 0 à 5. Ainsi, l'échelle économique est déterminée par 2 indicateurs durables. Elle est dotée d'un score de 2,15 sur les onze indicateurs évalués. Ce qui montre que les systèmes de production étudiés sont économiquement vulnérables. Ce score interpelle ainsi l'Etat et ses partenaires à fournir des efforts dans toutes les composantes principalement celle de la « viabilité économique et financière » qui limite la dimension afin de permettre aux producteurs ruraux d'avoir une capacité économique élevée et un faible poids de la dette pour mieux valoriser les acquis des exploitants agricoles de la commune rurale de Karma. De ce fait, un travail rigoureux doit être mené par les institutions d'intermédiation financière pour mettre à la disposition des producteurs des services financiers adaptés. Aussi, les décideurs doivent agir sur l'augmentation du rendement, du degré de mécanisation, de la marge brute des produits commercialisés tout en veillant sur une utilisation efficiente des intrants dans le processus productif et au maintien d'une pérennité probable afin d'espérer voir un changement positif influençant le score final de la durabilité économique de Karma. Ainsi, pour assurer un développement durable et accroître la production dans la commune, la mise en œuvre d'un programme de sensibilisation et de formation des agriculteurs à des modes de production adaptés aux conditions locales et plus économiques en ce qui concerne le choix des cultures rentables avec une utilisation conservatrice et optimum des ressources naturelles et financières est impérative.

REMERCIEMENTS

Financé sur fond propre de l'auteur correspondant, le second auteur Pr SOUMANA Boubacar m'a aidé dans l'accomplissement de ce travail en tant que Directeur de Thèse en me donnant des directives sur l'organisation et la procédure à suivre lors de la rédaction de ce travail. Qu'il reçoit toute ma gratitude et mes sincères remerciements.

REFERENCES

[1] FAO, (2016). Adapter l'agriculture au changement climatique. 12 pages. [En ligne : http://www.fao.org/3/i6398f/i6398f.pdf].

[2] FAO, (1997). Changement du climat et production agricole. Polytechnica, Rome, 375 p. [En ligne : http://www.fao.org/3/w5183f/w5183f00.htm].

[3] Bertrand, D. (2014). Changements climatiques et productions agricoles dans l'Ouest de la république Centrafricaine. Université de Abomey-Calavi, 338pages. [En ligne : https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01053261/document].

[4] Zhao, Y., Wang, C. et Wang, S. (2005). Impacts of present and future climate variability on agriculture and forestry in the sub-humid and humid tropics. Climate Change, 70, 71-116. DOI : https://doi.org/10.1007/1-4020-4166-7_5.

[5] UNFPA, (2011). Etat de la population mondiale : 7 milliards de personnes, leur monde, leurs possibilités. Rapport annuel, 132 pages. [En ligne : https://www.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/FR-SWOP2011.pdf].

[6] CNEDD, FEM, et PNUD, (2020). Quatrième communication nationale à la convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques : Inventaire National des Gaz à Effet de Serre. Rapport définitif. [En ligne : http://www.cnedd.ne/images/documentsPDF/IGES_Proc%C3%A9d%C3%A9sIndustriel_vf.pdf].

[7] Zakari, A. H., Mahamadou K. B., et Adam T. (2016). Les systèmes de productions agricoles du Niger face au changement climatique : défis et perspectives. Int. J. Biol. Chem. Sci. 10(3): 1262-1272, 2016. DOI : http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i3.28.

[8] CISAN, (2011). Conférence Internationale sur la Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle au Niger (cisan) du 28 au 31 mars 2011, à Niamey. Termes de références du Symposium, 16 pages. [En ligne : http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/ess_test_folder/Workshops_Events/ICFNS_mar2011/tdr_symp.pdf].

[9] Brundtland, G. H. (1987). Notre Avenir à Tous, Chapitre 2 : Vers un développement durable. De A/42/427 : rapport de la Commission mondiale sur l'Environnement et le Développement. Extrait du document de l'ONU, 432pages. [Rapport de conférence mondiale].

[En ligne : http://www.un-documents.net/ocf-02.htm#I ,http://www.adequations.org/IMG/article_PDF/article_a38.pdf et https://www.geo.fr/environnement/le-rapport-brundtland-pour-le-developpement-durable-170566].

[10] Lareiz, J., Feschet, P., Aubin, J., Bockstaller, C., Bouvarel, I. (2015). Agriculture et développement durable. Guide pour l'évaluation multicritère. Quae et Educagri éditions, Sciences en partage, 228 pages. Lien : http://www.quae.com/fr/r4805-agriculture-et-developpement-durable.html.

[11] Ehrmann, M., & Kleinhanss, W. (2008). Review of concepts for the evaluation of sustainable agriculture in Germany and comparaison of measurement schemes for farm sustainability. *Arbeitsberichte Aus Der vTI-Agrarökonomie.* Johann Heinrich von Thünen-Institut, Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries. https://www.econstor.eu/bitstream/10419/39397/1/592504212.pdf].

[12] Fléming, A., & Vancley, F. (2010). Farmer responses to climate change and sustainable agriculture. A review.Agronomy for Sustainable Development, 30(1), 11-19. DOI: https://doi.org/doi:10.1051/agro/2009028.

[13] Dagnelie, P. (1998). Statistique théorique et appliquée. Tome 2 : inférences statistiques à une et deux dimensions. Paris-Bruxelles : De Boeck et Larcier, 659 p. [En ligne : https://www.decitre.fr/livres/statistique-theorique-et-appliquee-9782804128029.html].

[14] Ayedegue, P.D. (2020). Durabilité des systèmes de production de tomate au Nord-est du Bénin. Thèse de Doctorat, Université de Parakou, 240 pages.

[15] Blandine, R. (2017). L'évaluation des performances des systèmes de culture vue par les producteurs : cas des cultures d'ananas et agrumes à l'Ile de la REUNION. Mémoire de Master « Agrosciences, Environnement, Territoire, Paysage, Forêts », 63 pages. [En ligne : https://agritrop.cirad.fr/592385/1/M%C3%A9moire%2BBlandine%2BROSIES_2017.pdf].

[16] Bossel, H. (2000). Policy assessment and simulation of actor orientation for sustainable development. Ecological Economics, 35(3): p. 337-355. DOI:10.1016/S0921-8009(00)00218-4.

[17] Capillon, A., and Genevieve, D. (2000). Framework for diagnosis of the sustainability of agriculture, from the plot up to the regional level. Technical and Social Systems Approaches for Sustainable Rural Development, p. 124-8. Germany: Margraf Verlag.

[18] Kessler, J.J. (1997). Strategic Environmental Analysis (SEAN): a framework for planning and integration of environmental care in development policies and interventions. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 18(4): 295-307. DOI:10.3152/147154600781767303.

[19] Mitchell, G., May, A., and McDonald, A. (1995). PICABUE: a methodological framework for the development of indicators of sustainable development. *The International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2(2): 104-123. DOI:10.1080/13504509509469893.

[20] López-Ridaura, S. (2005). Multi-Scale Sustainability Evaluation. A framework for the derivation and quantification of indicators for natural resource management systems. Wageningen University and Research Centre, vol 68. [En ligne : https://edepot.wur.nl/121701].

[21] López-Ridaura, S., Masera, O., and Astier, M. (2002). Evaluating the sustainability of complex socio-environnemental systems. The MESMIS framework. *Ecological indicators*, 2(1): 135-148. DOI: https://doi.org/10.1016/S1470-160X(02)00043-2.

[22] Srour, G. (2006). Amélioration durable de l'élevage des petits ruminants au Liban [Thèse de Doctorat]. Institut National Polytechnique de Lorraine. [En ligne : https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01752549/document].

[23] Vilain, L., Girardin, P., Mouchet, C., Viaux, P., & Zahm, F. (2003). La méthode IDEA-Guide d'utilisation, deuxième édition enrichie et élargie à l'arboriculture, au maraîchage et à l'horticulture (Educagri éditions). .

[24] Zahm, F., Viaux, P., Vilain, L., Girardin, P., & Mouchet, C. (2008). Assessing farm sustainability with the IDEA method-from the concept of agriculture sustainability to case studies on farms. *Sustainable development,* 16(4), 271-281. DOI:10.1002/sd.380

[25] De Olde, E.M., Oudshoorn F.W., SØrensen, C.A., Bokkers, E.A.M., de Boer, I.J.M. (2016). Assessing sustainability at farm-level: lessons learned from a comparison of tools in practice. *Ecol Indicators* 66: 391-404. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.01.047

[26] Binder, C.R., Feola, G., Steinberger, J.K. (2010). Considering the normative, systemic and procedural dimensions in indicator-based sustainability assessments in agriculture. *Environ Impact Assess Rev,* 30(2): 71-81. DOI : https://doi.org/10.1016/j.eiar.2009.06.002

[27] Zahm, F., Ugaglia, A.A., Barbier, J.M., Boureau, H., Del'homme, B., Gafsi, M., Gasselin, P., Girard, S., Guichard, L., Loyce, C., Manneville, V., Menet, A., et Redlingshöfer, B. (2019). Evaluer la durabilité des exploitations agricoles. La méthode IDEA v4, un cadre conceptuel combinant dimensions et propriétés de la durabilité. *Cah. Agric.* 28(5): 1-10. DOI : https://doi.org/10.1051/cagri/2019004.

[28] M'Hamdi, N., Aloulou, R., Hedhly, M., & Ben Hamouda, M. (2009). Evaluation de la durabilité des exploitations laitières tunisiennes par la méthode IDEA. *Biotechnol. Agron. Soc Environ.,* 13(2), 221-228.

[En ligne : https://www.academia.edu/28793972/Evaluation_de_la_durabilit%C3%A9_des_exploitations_laiti%C3%A8res_tunisiennes_par _la_m%C3%A9thode_IDEA].

[29] Soumana, B., Mark, P., Alejandro, B., et Raphaëlla, M. (2017). The erosive effects of small disasters on household absorptive capacity in Niamey: a nested HEA approach. 29(1): 33-50.
DOI: https://doi.org/10.1177/0956247816685515, www.sagepublications.com

[30] Oumarou, H. I., Soumana, B., Toudou A., Yamba, B. (2016). Perception et adaptation du changement des facteurs climatiques : cas des producteurs de niébé à Karma (Tillabéry). Annales de l'Université Abdou Moumouni. Tome XXI-A, (1) :107-119.

[31] Alzek, B. A., et Jacob, A. Y. (2019). Durabilité des systèmes de culture d'igname dans la commune de Tchaourou au Nord-Bénin. Afrique SCIENCE 15(6) (2019) 156-172. [En ligne : https://www.afriquescience.net/PDF/15/6/13.pdf].

[32] INS (2011). Agriculture et conditions de vie des ménages au Niger. 45p.
[En ligne : https://pnin-niger.org/pnin-doc/web/uploads/documents/113/Doc-20191021-083658.pdf].

[33] Mohamed, A.B., & Houda, D. (2019). Evaluation de la durabilité des exploitations agricoles irriguées en zones arides tunisiennes par la méthode IDEA: cas de la region Zarzis. *New Médit : Méditerranean journal of economics agriculture and environment*, ISSN 1594-5685, 18(4): 89-104. DOI: 10.30682/nm1904g; JELcodes: Q01, Q15, Q25.

[34] Ahouangninou, C., Boko, S.Y.W., Arouna, A., Logbo, J., Fayomi, B., Martin, T. (2020). Performance environnementale et économique dans la production de la grande morelle (*Solanum macrocarpon*) au sud Bénin : une évaluation des efficacités technique, allocative, économique. Agronomie Africaine, 32 (2) :135-149.
[En ligne : https://www.ajol.info/index.php/aga/article/view/199630.].

[35] Agossou, G., Gbehounou, G., Zahm, F., Kagbossou, E. (2019). Durabilité des exploitations agricoles de la basse vallée de l'Ouémé en république du Bénin. Agronomie Africaine, 31 (2) : 125-145.
[En ligne : https://www.ajol.info/index.php/ajol/Gsearch/google?q=Agossou%20G.%2C%20Gbehounou%20G.%2C%20Zahm%20F.%2C%20Kagbossou%20E.%202019.%20Durabilit%C3%A9%20des%20exploitations%20agricoles%20de%20la%20basse%20vall%C3%A9e%20de%20l%E2%80%99Ou%C3%A9m%C3%A9%20en%20r%C3%A9publique%20du%20B%C3%A9nin.%20Agronomie%20Africaine%2C%2031%20(2)%20%3A%20125-145.%20DOI%20%3A].

[36] Bekhouche-Guendouz, N. (2011). Evaluation de la durabilité des exploitations bovines laitières des bassins de la Mitidja et d'Annaba. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine (France) et Ecole Normale Supérieure Agronomique d'Alger, Algérie, p. 308. [En ligne : https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01749438/document].

[37] Gbenou, G. X., Soule, H. A., Akpo, Y., Djenontin, A. J. P., Sidi, H., Babatounde, S., Houinato, M., Mensah, G. A. (2020). Performances laitière et économique des vaches métisses (GIR x BORGOU) complémentées avec la drèche de sorgho au pâturage à *Panicum Maximum* C1 dans le Nord-Bénin. Agronomie Africaine, 32 (4) :439-447.
[En ligne : https://www.google.com/url?esrc=s&q=&rct=j&sa=U&url=https://www.ajol.info/index.php/aga/article/view/205458/193760&ved=2ahUKEwjaw9arterwAhWj3eAKHYXJCxYQFjABegQIBRAB&usg=AOvVaw2coHSgo00nyd39JomAyIvF].

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 992-997
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Pratique de la taille par étêtage chez le Soja dans les conditions agro-écologiques de la Station de Recherche de l'INERA Kiyaka, RD Congo

[Topping practice on soybean under the agro-ecological conditions of the INERA Kiyaka Research Station, DR Congo]

MILOLO MIMBU ALEL Paterne[1], MUZINGA KILUNDU Philippe[1], LUHANO Emery[1], KAZIAMA MBUTA Onésime[1], MAFUTA KATONA Christelle[1], KASITO MAMPASI Mapy[1], KABAY NZAMBA Rostand[1], LEBAY KIWANI[1], MUSITU MAYAKA Daniel[1], KAPINGA NKOY[2], and NKWEZIMA MASASI Faustin[3]

[1]Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques (INERA), Station de Kiyaka, Province du Kwilu, RD Congo

[2]Université de Kikwit (UNIKIK), Faculté des Sciences et Environnement, Département de Phytotechnie, RD Congo

[3]Enseignement Primaire, Secondaire et Technique, Province éducationnelle Kwilu 2, RD Congo

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

ABSTRACT: The general objective of this study is to reduce the number of seeds per planting hole (1 or 2 instead of 3) at sowing, while considering that pruning may stimulate seed production. Specifically, this study seeks to confirm or refute the practice of pruning in soybean, compare the yield of pruned plants with that of non-pruned plants, and, if possible, recommend the practice of pruning (topping) in soybean based on statistical interpretations and socioeconomic analysis.
This study aims to address the problem of low yields, mainly linked to declining soil fertility and the limited availability of large agricultural land areas. The focus is on increasing Soybean production in order to provide sufficient protein in farmers' diets and generate income. To achieve the expected results, the experimental method was used, employing a Latin square design. This method was complemented by participant observation techniques. Statistical methods enabled the calculation of several parameters. Access to libraries and the internet was essential for the development of this work.

KEYWORDS: topping, pruning, Kiyaka station, agro-ecological conditions, soybean, DR Congo.

RESUME: L'objectif général poursuivi par la présente étude est de diminuer le nombre de graines par poquet (1 ou 2 au lieu de 3) lors du semis, tout en ayant à l'esprit que la taille pourra stimuler la production en graines. Spécifiquement, cette étude cherche à confirmer ou infirmer la pratique de la taille chez le soja, comparer le rendement des plantes taillées à celles qui ne le sont pas et recommander, si possible, la pratique de la taille (étêtage) chez le soja sur base d'interprétations statistiques et d'analyse socio-économique qui seront faites.
Cette étude a comme intérêt la résolution du problème de rendement lié surtout à la baisse de la fertilité du sol et au manque de grandes surfaces de terre disponibles pour l'agriculture. Son choix est porté sur l'augmentation de la production du soja permettant d'apporter assez de protéines dans l'alimentation des agriculteurs et aussi leur procurer des revenus. Ainsi, pour parvenir aux résultats attendus, nous avons utilisé la méthode expérimentale faisant recours au dispositif en carré latin. Cette méthode a été complétée par la technique d'observation participante. La méthode statistique nous a permis de procéder aux calculs de quelques paramètres. L'accès à des bibliothèques et à l'internet nous a été indispensable pour bâtir ce travail.

MOTS-CLEFS: étêtage, la taille, station de Kiyaka, agro-écologiques, soja, RD Congo.

Corresponding Author: MILOLO MIMBU ALEL Paterne

1 INTRODUCTION

L'agriculture africaine en général et celle de la RD Congo en particulier se caractérise essentiellement par sa faible productivité. Celle-ci est la résultante de nombreuses contraintes parmi lesquelles on peut citer la pauvreté des sols, les matériels de propagation non améliorés, les techniques culturales primitives et la lutte phytosanitaire inexistante. Par ailleurs, beaucoup de paysans s'inquiètent de savoir comment assurer une alimentation suffisante et de bonne qualité à leurs familles. Nous constatons que dans de nombreuses familles, non seulement on ne mange pas assez mais en plus, la nourriture absorbée ne contient pas suffisamment de substances nutritives pour permettre à tous de mieux résister aux maladies. Ainsi, en cultivant les légumineuses, notamment le soja, les paysans peuvent résoudre ces problèmes. Ce dernier est la légumineuse qui possède de nombreuses vertus. Il permet d'améliorer les systèmes agricoles. En absorbant l'azote de l'air pour sa propre croissance, il améliore aussi la fertilité du sol permettant ainsi d'obtenir de meilleures récoltes pour les plantes cultivées après sa récolte sur le même terrain. Il contribue à l'amélioration de la qualité de l'alimentation quotidienne des ménages et fournit de nombreux revenus.

En effet, l'une des solutions permettant d'augmenter la productivité de nos cultures serait l'utilisation de bonnes techniques culturales incluant des soins d'entretien adéquats et réguliers de ces dernières. La taille, l'un des soins à apporter aux cultures, peut avoir, selon le cas, beaucoup d'avantages parmi lesquels la stimulation de la floraison et de la fructification, et, par conséquent, une productivité élevée. C'est pour cette raison que nous avons essayé, dans le cadre de ce travail, de pratiquer la taille par étêtage chez le soja dans les conditions agro-écologiques de la Station de Recherche de l'INERA Kiyaka.

Partant de ce qui précède, nous nous sommes posé les questions de savoir :

- Peut-on pratiquer la taille (par étêtage) chez le soja ?
- A quelle période de végétation peut-on pratiquer cette taille ?
- Les plantes taillées peuvent-elles encore continuer leur croissance et donner une production ?
- Cette pratique de taille peut-elle avoir une influence sur le rendement de cette culture ?

Les questions contenues dans le paragraphe ci-haut nous ont amené à formuler l'hypothèse selon laquelle la pratique de la taille serait possible chez le soja. Elle favoriserait le développement des bourgeons qui deviendraient des branches secondaires permettant une fructification abondante et, par conséquent, augmenterait le rendement et la productivité de la culture.

L'objectif général poursuivi par la présente étude est de diminuer le nombre de graines par poquet (1 ou 2 au lieu de 3) lors du semis, tout en ayant à l'esprit que la taille pourra stimuler la production en graines.

D'une manière spécifique, nous voulons dans le cadre cette étude, confirmer ou infirmer la pratique de la taille chez le soja, comparer le rendement des plantes taillées à celles qui ne le sont pas afin de recommander, si possible, la pratique de la taille (étêtage) chez le soja sur base d'interprétations statistiques et d'analyse socio-économique.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

La Station de Kiyaka est située sur la rive droite de la rivière Kwilu à 70 km au Sud-Est de Kikwit. Elle est implantée dans la province du Kwilu, Territoires de Gungu et Bulungu, Secteurs Mungindu et Imbongo, dans les Groupements Kahundji et Mampungu. La station jouit d'un capital foncier de 3.250 Ha dont 1500 ha des forêts et 1750 Ha de savane (Lumengo et al., 2018). Au niveau du plateau, la Station se situe à 5°19'4'' de latitude Sud et 18°2'11'' de longitude Est avec 735m d'altitude et à la Vallée elle est à 5°19'53'' de latitude Sud et 18°58'2'' de longitude Est avec 395,4m d'altitude. Du point de vue édaphique, la station présente un sol sablo-argileux (zone forêt) et sablonneux (zone savane) et caractérisé du type AW3 selon la classification de Koppën. Sa pluviosité moyenne annuelle varie entre 1200mm à 1700mm (Nicolaï, 1963 ; Bultot, 1954).

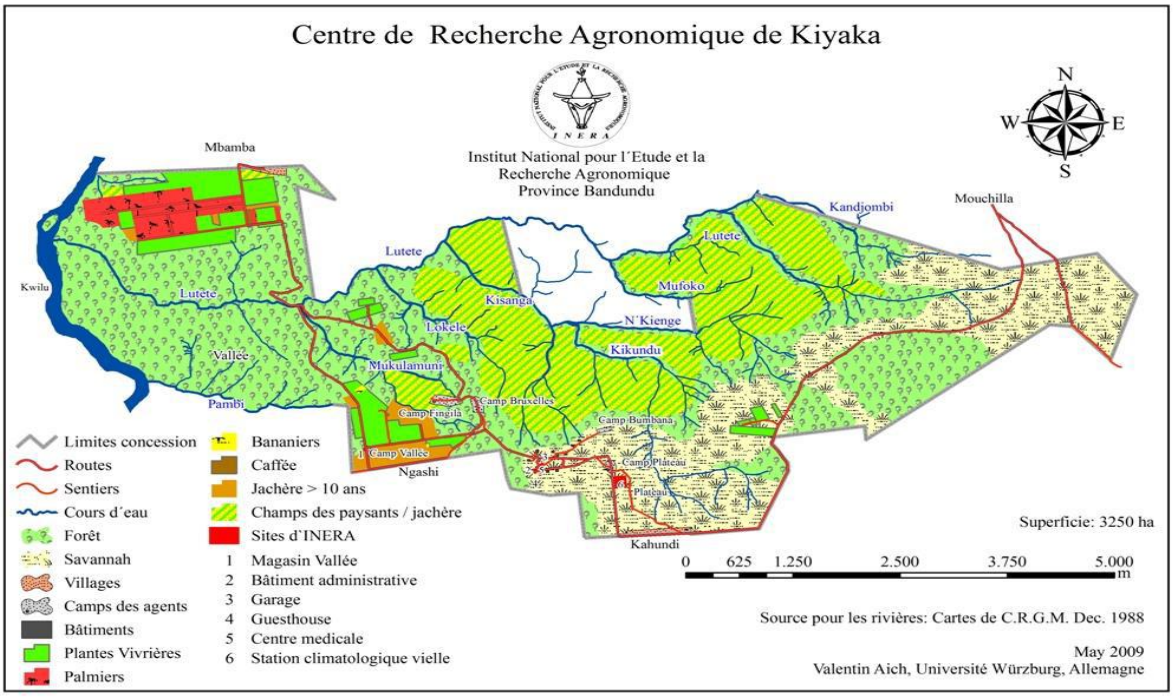


Fig. 1. Carte géographique de la Station de Recherche INERA Kiyaka

2.2 MATÉRIEL

Le matériel végétal utilisé dans notre essai était constitué de la semence du Soja, variété AFYA, reçu du germoplasme de l'Antenne Légumineuses. En dehors du matériel végétal, d'autres instruments et matériels d'une grande importance dont la liste détaillée ci-dessous ont été utilisés pour conduire à bon port notre expérimentation. Il s'agit de : la machette, les fiches en plastique, la houe, le râteau, mètre ruban de 50m, corde, piquets de base, carnet de notes, une pesée de précision, stylo, une calculette scientifique, un pied à Coulisse, un GPS marque Garmin, un ordinateur portable marque Hp.

2.3 MÉTHODES

Tenant compte de la présence d'autres sources de variabilité sur terrain (pente, fertilité, exploitation partielle du terrain) que nous avons identifiées au préalable, nous avons adopté le dispositif en carré latin avec 3 répétitions comportant chacune 3 parcelles (T0 : témoin ou plants non taillés, T1: plants taillés à 2 semaines après semis et T2 : plants taillés à 4 semaines après semis). La superficie totale du terrain d'expérimentation était de 140m^2, soit 14m de longueur et 10m de largeur. Chaque parcelle élémentaire mesurait 12m^2 soit 4m de longueur et 3m de largeur. La distance entre deux blocs était de 1m et la distance séparant les parcelles constituant un bloc était de 0,50m. Ce qui fait 108m^2 de superficie totale des parcelles cultivées.

Les variables importantes ont été observées après avoir procédé à la taille (écimage). Ces variables sont d'une part des paramètres de croissance et, d'autre part des paramètres de production. Ces données ont été prises sur 10 plants par parcelle élémentaire, soit un total de 90 plants pour tous les blocs.

La méthode statistique a été rendu possible grâce aux calculs statistiques. Les données récoltées sur terrain ont été exprimées en cm pour celles qui concernent le mesurage et en kg (poids) pour le rendement des parcelles. Ces données ont permis de calculer les moyennes par la formule :

$$\bar{X} = \frac{Somme\ des\ observations}{nombre\ total\ d'observations}$$

Les différences entre les moyennes ainsi obtenues ont été relevées par l'analyse de la variance (ANOVA) qui a été facilitée par le test F à 5% de probabilité. A partir des tableaux de moyennes, ces analyses statistiques ont été faites en procédant aux

calculs de degré de liberté (dl), de Facteur de correction (Fc) ; de la somme des carrés (sc), du Carré Moyen (CM) et de la valeur F. Cette valeur était comparée à celle de F de table de Fisher au seuil de 5% de probabilité pour voir si la différence est significative ou non significative.

3 RESULTATS

Le traitement subi par la culture de Soja et qui fait l'objet de cette étude est la taille, plus spécifiquement l'écimage (étêtage). Elle a été pratiquée à des différentes périodes du cycle végétatif de la plante. Il s'agit de celle pratiquée deux semaines après le semis, soit le 28 février 2024, et de la taille pratiquée quatre semaines après le semis, soit le 13 Mars 2024. Le paramètre de croissance et de la production sont les deux observés sur terrain et constituent les résultats inscrits dans ce travail.

3.1 PARAMÈTRES DE CROISSANCE

Il sied de signaler que ces paramètres ont été prélevés, chacun, deux fois durant le cycle végétatif du soja. Il s'agit du 20^{e} jour et du 40^{e} jour après la taille, c'est-à-dire le 19 Mars 2024 et le 08 Avril 2024 pour la taille qui est intervenue deux semaines après le semis et le 27 Mars 2024 et le 22 Avril 2024 pour la taille qui est intervenue quatre semaines après le semis.

Tableau 1. Paramètres de croissance

Traitements	*Diamètre moyen au collet en cm*		*Hauteur moyenne des plants en cm*		*Nombre moyen de branches/plant*	
	Au 20^{e} Jour	**Au 40^{e} Jour**	**Au 20^{e} Jour**	**Au 40^{e} Jour**	**Au 20^{e} Jour**	**Au 40^{e} Jour**
T0	3	3,6	42,3	77,9	2,5	2,9
T1	2,6	3	43,9	68,2	3,5	3,8
T2	2,5	3,1	45,8	71,9	3,5	4,5
Fcal	5,66	15,5	0,30	3,02	4	4,69
Ftable à 5%	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
Décision	NS (1)	NS (1)	NS (1)	NS (1)	NS (1)	NS (1)

NS (1) : Non Significative

Ce tableau nous enseigne qu'en ce qui concerne le diamètre au collet, le calcule d'ANOVA ne signale aucune différence significative entre les moyennes des traitements au seuil de 5% de probabilité chez les plants taillés à deux semaines et chez ceux taillés à 4 semaines après le semis. Néanmoins, pour les données prises au 20^{e} jour après la taille, ce sont les plants généralement non taillés qui ont eu un grand diamètre au collet avec 3 cm, suivis des plants taillés 2 semaines après le semis avec 2,6 cm et, enfin, des plants taillés 4 semaines après le semis avec 2,5 cm. Au 40^{e} jour, ce sont les plants non taillés qui ont eu en moyenne des gros diamètres au collet avec 3,6 cm, suivis des plants taillées quatre semaines après e semis avec 3,1 cm et enfin des plants taillés deux semaines après le semis avec 3 cm.

De même pour la hauteur moyenne des plants, les données reprises dans le tableau ci-dessus ne relèvent pas de différences significatives au seuil de 5% de probabilité entre les moyennes de traitements obtenues. Pratiquement, au 20^{e} jour après la taille, ce sont les plants taillés 4 semaines après le semis qui ont eu une hauteur assez élevée, soit 45,8 cm ; suivis des plants taillés 2 semaines après semis soit 43,9 cm et enfin des plants non taillés soit 42,3 cm. Au 40^{e} jour après la taille, ce sont les plants non taillés qui ont eu une grande hauteur soit 77,9 cm, suivis des plants taillés quatre semaines après le semis avec 71,9 cm et enfin des plants taillés à deux semaines après le semis avec 68,2 cm.

Aucune différence significative entre les moyennes de traitements au seuil de 5% de probabilité en ce qui concerne le nombre moyen de branches. Néanmoins, le tableau ci-dessus révèle qu'au 20^{e} jour après la taille, les plants taillés deux semaines et quatre semaines après le semis ont eu en moyenne le même nombre de branches soit 3,5 ; tandis qu'au 40^{e} jour après la taille, ce sont les plants taillés quatre semaines après le semis qui ont eu le plus grand nombre de branches, soit 4,5, suivi des plants taillés deux semaines après le semis, soit 3,8 ; enfin les plants non taillés soit 2,9.

3.2 PARAMÈTRES DE PRODUCTION

Les principaux paramètres de production que nous avons relevés sont le nombre moyen de gousses par plant, le nombre moyen de graines par gousse et le poids parcellaire à la récolte. Cependant, il est à noter que ces paramètres de production ont été prélevés une fois c'est-à-dire à la fin du cycle végétatif de la culture soit le 01er juin 2024.

Tableau 2. Paramètres de production

	Nombre moyen de gousses/plante	***Nombre moyen de graines par gousse***	***Poids parcellaire à la récolte (Kg)***
T0	58,4	3,0	1,7
T1	101	2,8	2,2
T2	108,7	2,9	2,4
Fcal	2,64	0,42	5,37
Ftable	19,00	19,00	19,00
Décision	NS (1)	NS (1)	NS (1)

NS (1) : Non Significative

Le tableau 2 ci-haut révèle que les plants ayant subi la taille à la quatrième semaine après le semis ont eu un grand nombre de gousses soit 108,7 en moyenne suivis des plants qui ont été taillés à la deuxième semaine après le semis soit 101 gousses en moyenne, et enfin des plants non taillés soit 58,5 gousses en moyenne. Le nombre de graines par gousse a été élevé chez les plants non taillés avec 3 graines par gousse en moyenne, suivis des plants taillés à quatre semaines après semis avec 2,9 graines par gousse en moyenne et enfin, de ceux taillés à deux semaines après semis soit 2,8 graines par gousse en moyenne/plante. Pour ce qui concerne le poids parcellaire, les plants taillés à la quatrième semaine après le semis ont donné un poids en grains plus élevé soit 2,4 kg. Ils ont été suivis des plants taillés à la deuxième semaine après semis soit 2,2 kg et enfin, des plants non taillés soit 1,7 kg. Signalons que tous ces paramètres ne révèlent aucunes différences significatives entre les traitements au seuil de 5% de probabilité.

4 DISCUSSION

Une recherche agronomique solide est, en effet, une condition indispensable à une agriculture prospère. C'est à elle qu'on doit le progrès de l'agriculture moderne, notamment par la fertilisation des sols, la mise au point des techniques culturales modernes, des variétés améliorées et des méthodes de protection des cultures.

La taille que nous avons pratiquée chez le soja a été une grande innovation car la littérature ne nous a pas été disponible sur cette technique culturale qui constitue en même temps un soin d'entretien des cultures, plus précisément chez le soja. Quoi qu'il en soit, les paramètres que nous avons observés n'ont été que les étapes intermédiaires, et cherchant l'accroissement de rendement de la culture, la finalité était de dire si cette pratique avait une influence positive ou négative sur le rendement de celle-ci.

Pour tenter à pratiquer cette taille, nous l'avons fait à deux différents moments de croissance de la plante par rapport à la date de semis. Il s'agit des plants qui ont été écimés deux semaines après le semis et ceux écimés à quatre semaines après le semis. Malgré ces différentes périodes de l'écimage, tous les paramètres (de croissance et de production) n'ont pas eu de différences significatives entre leurs moyennes de traitements que ce soit la taille à 2 semaines ou à 4 semaines après semis au seuil de 5% de probabilité.

Toutefois, le rendement de la culture a été influencé positivement par la pratique de la taille. Cela se justifierait par le fait que le nombre de branches fructifères a augmenté chez les plants taillés. Par conséquent, le nombre de gousses et le poids parcellaire ont aussi subi une augmentation. La quantité totale produite étant de 19,1kg.

Rappelons avec Vanden Put (Op.cit) que le rendement de soja obtenu jusqu'à présent en RD Congo, jadis Zaïre, est d'environ 1000kg de graines sèches à l'hectare. Des rendements de l'ordre de 1800kg ont été réalisés à Yangambi. Ce qui vient d'être évoqué ci-dessous montre que la quantité de soja qu'on produirait sur la superficie de 108m^2 qui représente la superficie totale de nos parcelles serait de 10,8kg.

Ainsi, lorsqu'on considère la superficie totale des parcelles des plants taillés, doit 72 m^2, la quantité produite est de 14kg. Cependant, avec le rendement de 1000kg par hectare dans les conditions agroécologiques de Kiyaka, on produirait 7,2kg de graines. Ce qui veut dire que le rendement obtenu a été supérieur à celui qu'on devrait obtenir normalement, soit un surplus de 6,8kg de graines sèches. En d'autres termes, si cette pratique s'effectue un hectare, on produira 1944,4kg de graines sèches de Soja dans les conditions agroécologiques de Kiyaka.

5 CONCLUSION

L'essai de pratique de la taille chez le soja à deux différents moments de végétation a été au centre de notre recherche expérimentale. Cette taille a consisté à couper le sommet du plant à plus ou moins 5cm de long sans pour autant tenir compte de la hauteur qu'a atteint ce dernier. Quoi qu'il en soit, nous avons observé certaines variables que nous avons exprimées en paramètres. Il s'agit des paramètres de croissance et des paramètres de production. Ces deux paramètres qui aboutissent aux résultats inscrits dans ce travail ont été analysés par ANOVA (Analyse de la Variance). Ainsi, par rapport au traitement subi par le soja aux différents moments de sa végétation, soit 20 jours et aussi 40 jours après la taille, nous n'avons constaté aucune différence significative entre les moyennes obtenues au seuil de 5% de probabilité. Néanmoins, pour ce qui est du diamètre au collet au 20^e jour et au 40^e jour après la taille, ce sont les plants non taillés, soit des parcelles témoin, qui ont eu un grand diamètre au collet.

En ce qui concerne la hauteur des plants, seuls les plants taillés à la quatrième semaine après le semis qui ont eu une grande hauteur après 20 jours de taille et après 40 jours de taille, sont les plants généralement non taillés qui ont eu une grande hauteur par rapport aux autres.

REFERENCES

[1] Dupriez, H. & De Leener, P. (1987). *Jardin et vergers d'Afrique*, Nivelles (Belgique), Terre et vie, 354 pages.
[2] Kroll, R., (1994). *Les cultures maraichères*. Le technicien d'agriculture tropicale, éd. Maisonneuve et Larose, Paris, 219 pages.
[3] Ministère Français des Affaires Etrangères. (2006). *Mémento de l'agronome*, CIRAD-GRET, Paris, 1693 pages.
[4] Ministère de la Coopération Française. (1993). *Mémento de l'agronome*. 3e éd., Paris.
[5] Nicolaï, H. (1963). *Etude géographique d'une région Congolaise*, CEMUBAC, Bruxelles, 63 pages.
[6] Raemaekers, R.H. (2001). *Agriculture en Afrique tropicale*, DGCI, Bruxelles, 1634 pages.
[7] Vanden Put, R. (1963). *Les principales cultures en Afrique Centrale*, DGCI, Bruxelles, 1246 pages.
[8] Nieuwenhuis, R. et al. (2005). La culture du soja et d'autres légumineuses. *In Agrodok*, Pays-Bas, Pp. 3-9.
[9] Masens Da Musa Yung, B. (1997). Etude phytosociologique de la région de Kikwit/Bandundu, RD Congo, Bruxelles. Thèse de Doctorat, ULB, inédite, 443 pages.
[10] MUYOLO, G.N. (2001). *Phytotechnie spéciale*, notes de cours, 2e graduat, ISEA-Kiyaka, inédites.
[11] TSHILENGE, P., (2015). *Phytopathologie spéciale*, notes de cours, Ir1. Phytotechnie, FacAgro, UNIKIK, inédites.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 998-1006
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Soil quality decline along a forest-savanna gradient drives vegetation cover dynamics in the Comoé National Park (Côte d'Ivoire)

Konaté Alassane[1], Bongoua-Devisme Affi Jeanne[1], Dibi N'Da Hyppolite[2], and Akotto Odi Faustin[1]

[1]Laboratoire de Pédologie et Agriculture Durable, UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

[2]Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT), Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: Soil quality is a key determinant of vegetation cover dynamics in tropical protected areas, yet its quantitative relationship with vegetation degradation under anthropogenic pressure remains poorly documented at the profile scale in West African savannas. This study, carried out in Comoé National Park (CNP, north-eastern Côte d'Ivoire), tested the hypothesis that the forest-savanna vegetation gradient along an approximately 800 m transect of the corresponds to a measurable decline in soil quality driven by increasing anthropogenic pressure at the park periphery. Five pedological profiles were excavated in March 2023, morphologically described and analysed following ISRIC protocols, and classified using WRB 2022. Clay cation exchange capacity (clay-CEC) and available phosphorus (P) were used as primary soil quality indicators. Results revealed a systematic soil quality gradient from gallery forest to degraded tree savanna: clay-CEC in the argillic horizon decreased from 27.4 cmol (c) kg^{-1} (Ferric Lixisol, gallery forest) to 9.5 cmol (c) kg^{-1} (Ferric Acrisol, degraded savanna), while available P declined from 16.3 to 0.1–1.4 mg kg^{-1}. Three mid-slope profiles classified as Stagnic Ferric Acrisols showed temporary waterlogging from 10–11 cm depth and near-complete P immobilisation, directly constraining rooting depth and woody species regeneration. Two pedological anomalies were documented: MnO_2-mediated pH buffering (pH 7.0) and smectite neoformation (CEC = 148 $mmol^+$ kg^{-1}) under pseudo-gley conditions. These findings establish a quantitative edaphic basis for vegetation cover decline in the CNP periphery and support differentiated conservation management strategies.

KEYWORDS: Lixisol, Acrisol, soil-vegetation relationship, clay-CEC, Comoé National Park, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Soils of the West African Sudanian savannas play a fundamental role in natural ecosystem dynamics and the resilience of agricultural systems against climatic and anthropogenic disturbances [1]. Their capacity to support woody vegetation, store carbon, and regulate hydrological cycles depends on edaphic properties that vary strongly across landscapes according to topography, lithology, and land use history [2]. Yet the quantitative relationship between soil quality and vegetation cover dynamics at the profile scale remains poorly documented in West African protected ecosystems.

The Comoé National Park (CNP, north-eastern Côte d'Ivoire), the largest protected area in West Africa (11,500 km^2, UNESCO World Heritage Site), constitutes a privileged observatory for soil-vegetation interactions. Its ecosystems are subjected to increasing anthropogenic pressure at the periphery (clearing, shifting cultivation, transhumance) documented by multiple studies on vegetation cover degradation [3], [4], [5] and land use change [6], [7], [8]. In contrast, systematic pedological investigations remain scarce: the work of Roose [9] and BUNASOLS [10] established the broad regional cartographic units, but without the analytical resolution necessary to link soil properties to vegetation at the transect scale.

The WRB 2022 classification system (World Reference Base for Soil Resources, IUSS Working Group WRB, 2022) [11], based on strict analytical criteria, particularly clay cation exchange capacity (clay-CEC) as the discriminating criterion between Lixisols (≥.24 cmol (c) /kg in the argillic horizon) and Acrisols (< 24 cmol (c) /kg), provides a rigorous and internationally comparable framework for characterising the pedological diversity of this environment. We hypothesise that the vegetation gradient observed along transect L1 corresponds to a measurable pedogenetic gradient in which clay-CEC and phosphorus availability are the most discriminating indicators of soil quality decline.

Corresponding Author: Akotto Odi Faustin

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 STUDY AREA

The study site is the Comoé National Park (CNP), located between 8°30' and 9°40' N and 3°10' and 4°20' W (Fig. 1), covering approximately 1,149,150 ha. The climate is tropical subhumid (Köppen: Aw), with mean annual precipitation of 900–1,100 mm. The dominant vegetation is Sudanian wooded savanna with *Isoberlinia doka, Daniellia oliveri,* and *Vitellaria paradoxa,* with gallery forests along waterways (*Khaya senegalensis, Ceiba pentandra*). The parent material is Precambrian granite-gneiss basement. The five profiled soils span a toposequential sequence from gallery forest (L1-P1, 201 m) to degraded tree savanna (L1-P6, 190 m), covering approximately 800 m.

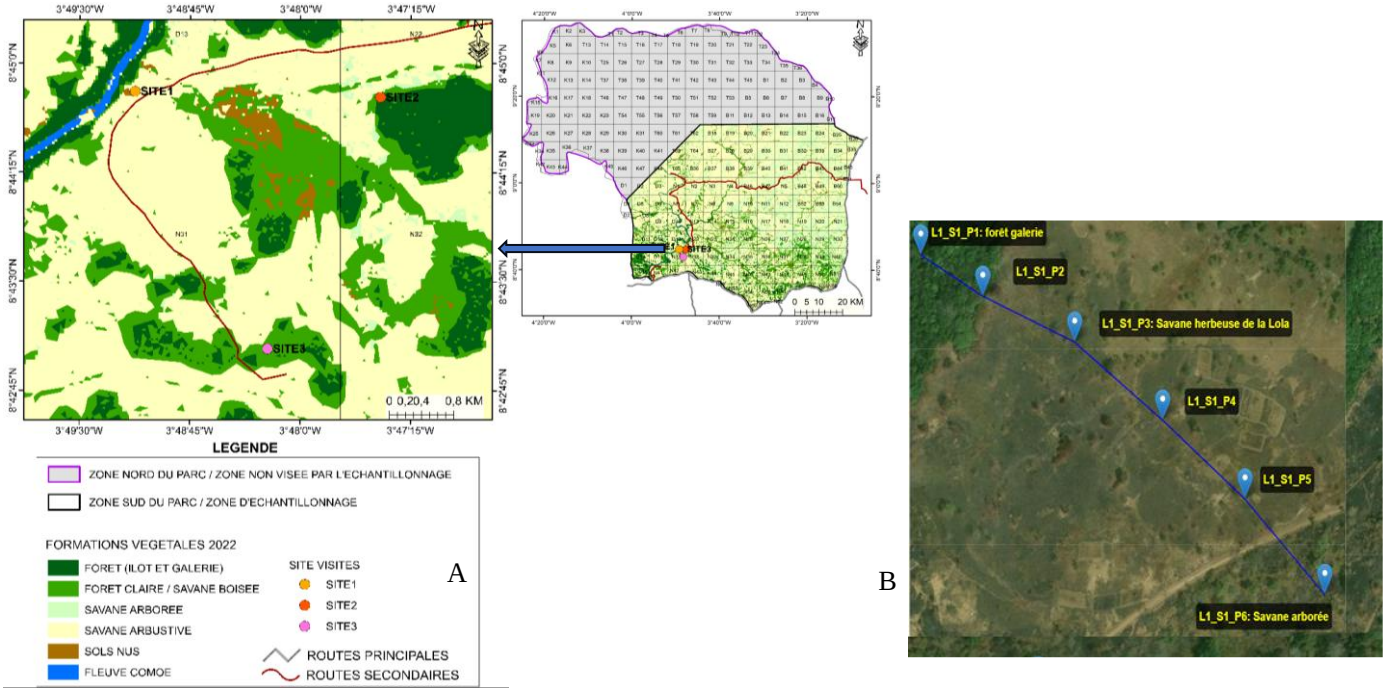


Fig. 1. Location of the study area - A. Study site; B. Toposequential sequence of transect L1, Comoé National Park, Côte d'Ivoire

2.2 FIELD SAMPLING AND PROFILE DESCRIPTION

Profiles were excavated in March 2023 (end of dry season). Pedological pits (1.5 m x 1.0 m, depth 0.7-1.2 m) were described following the FAO Guide for the IUSS WRB Working Group (2022). GPS coordinates (UTM, Zone 30N, WGS84) and altitudes were recorded by differential GNSS (±2 m precision). Munsell colours were determined on moist and dry soil using the Munsell 2009 chart. Coarse elements were estimated visually and verified by sieving (2 mm sieve).

2.3 LABORATORY ANALYSES

Soil samples (500 g per horizon) were air-dried, crushed, and sieved at 2 mm. All analytical methods follow ISRIC protocols [12]: particle-size distribution by the Robinson pipette method (5 fractions) after H_2O_2 treatment and sodium pyrophosphate dispersion; organic carbon by Walkley-Black method; total nitrogen by Kjeldahl; pH (H_2O and KCl) at 1: 2.5 ratio; CEC and exchangeable bases by ammonium acetate extraction at pH 7.0 (Metson method); available phosphorus by Bray II method; coarse elements by sieving and weighing at 105°C. For profile L1-P4, MnO_2 nodules were confirmed by H_2O_2/HCl decolourisation test.

2.4 SOIL CLASSIFICATION

The primary classification is WRB 2022. Parallel systems used are Soil Taxonomy (USDA 1999), FAO (1974), and CPCS. Clay-CEC (= CEC / (% clay / 100)) is the key criterion discriminating Lixisols from Acrisols. The WRB 2022 procedure was applied sequentially: (i) ochric horizon verification; (ii) argillic horizon (clay ratio B/A ≥ 1.2); (iii) Lixisol/Acrisol discrimination; (iv) first-level qualifiers (*Ferric, Stagnic, Endopetric*); (v) second-level qualifiers (*Dystric, Skeletic*).

3 RESULTS

3.1 OVERVIEW OF THE L1 TOPOSEQUENCE

The five profiles span 11 m of altitude (201-190 m) and represent a complete ecological gradient from gallery forest to degraded tree savanna. Table 1 summarises the WRB 2022 classification, key clay-CEC values and drainage conditions.

Table 1. WRB 2022 classification, clay-CEC of the argillic horizon and Stagnic depth along transect L1, Comoé National Park

Profile	Site / Vegetation	Alt. (m)	Clay-CEC argic (cmol(c)/kg)	Stagnic depth	WRB 2022 Classification
L1-P1	Gallery forest	201	27.4	None	Ferric Lixisol (Dystric, Skeletic)
L1-P3	Grass savanna	201	21.2	10 cm	Stagnic Ferric Acrisol (Dystric)
L1-P4	Degraded wooded savanna	199	16.8	11 cm	Stagnic Ferric Acrisol (Dystric, Endopetric)
L1-P5	Shrub savanna	196	10.7-21.2	11 cm	Stagnic Ferric Acrisol (Dystric, Endopetric)
L1-P6	Degraded tree savanna	190	9.5	None	Ferric Acrisol (Dystric, Endopetric)

3.2 FERRIC LIXISOL (DYSTRIC, SKELETIC) L1-P1 - GALLERY FOREST

Situated at 201 m in gallery forest, L1-P1 (Fig. 2) is the only Lixisol on the transect. Clay-CEC in the argillic horizon B1.2 (94-110 cm) reaches 27.4 cmol (c).kg^{-1}, exceeding the WRB 2022 threshold, reflecting 2: 1 clay minerals (illite, interstratified) inherited from gentle weathering under dense forest. Available phosphorus is highest at the surface (16.3 mg.kg^{-1}), base saturation exceeds 79% throughout, and pH ranges 6.2-6.5. The 60 % coarse elements in A0 (argillaceous aggregates) justifies the *Skeletic* suffix; ferruginous concretions ≥ 15% in B1.1 justify the *Ferric* prefix.

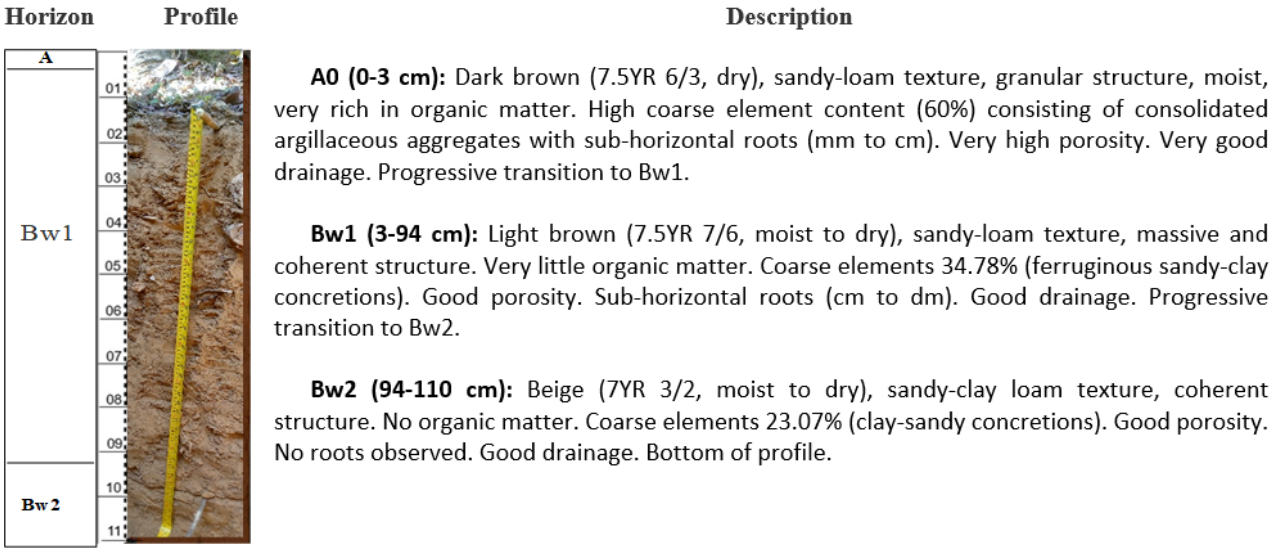
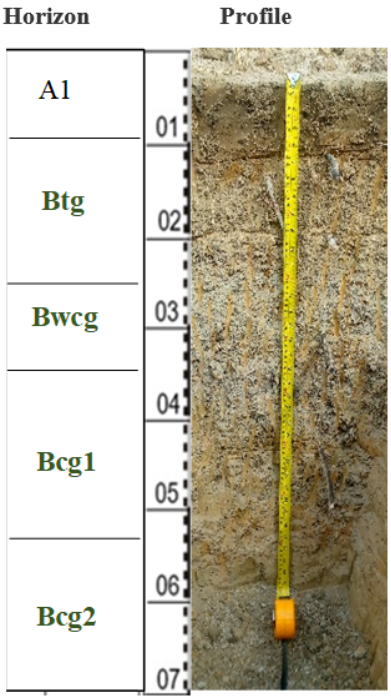


Fig. 2. Morphological description of profile L1-P1 Ferric Lixisol (Dystric, Skeletic) - Gallery Forest, Bouna, Comoé National Park. UTM coordinates: N 967163 / W 409911, altitude 201 m, March 25, 2023

3.3 STAGNIC FERRIC ACRISOL (DYSTRIC, ENDOPETRIC) - GRASS SAVANNA

Both profiles L1-P3 and L1-P4 (Fig. 3 and Fig. 4) show redoximorphic features from 10-11 cm, indicating seasonal perched water tables above the compact argillic horizon. In L1-P3, the diagnostic Btg horizon (10-26 cm, 49% clay) has clay-CEC = 21.2 cmol (c).kg^{-1} < 24, confirming Acrisol classification. Available P drops from 3.6 mg.kg^{-1} (A1) to 0.1-1.3 mg.kg^{-1} (deep Bcg). In L1-P4, clay-CEC falls to 16.8 cmol (c).kg^{-1} in the argillic Btg (11-23 cm), the second lowest on the transect. A remarkable pH anomaly in Bcg2 (61-100 cm): pH 7.0 and positive ΔpH (+1.1), attributed to MnO_2 reduction (see Section 4.3). Ferruginous induration at 90 cm classifies L1-P4 as *Endopetric*.



Description

A1 (0-10 cm): Dark greyish brown (2.5Y 3/2, moist), loamy clay texture (34 % clay), well-developed granular structure, OM = 1.40%, numerous roots, good drainage. Sharp transition to Btg,

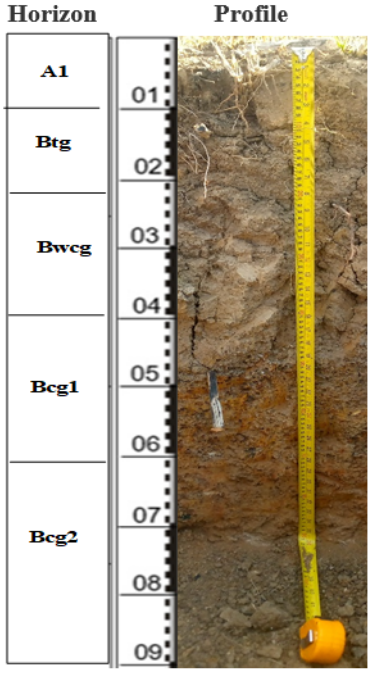
Btg (10-26 cm): Pale beige (2.5Y 6/2, moist to dry), clayey texture (49 % clay). Argillic horizon (t) with hydromorphic features from 10 cm (g); 22.72% clay-ferrous concretions; clay-CEC = 21.2 cmol(c) kg^{-1} (Acrisol). Low porosity. Few centimetric roots. Poor drainage (temporary waterlogging). Irregular transition to Bwcg,

Bwcg (26-36 cm): Mottled brown (5Y 4/2, dry), sandy-loam texture (14% clay) marked textural break from Btg (49 to 14 %). Particulate structure (no cohesion). No organic matter. 20 % ferrous concretions with oxidation and hydromorphic mottles. Low porosity. Rare roots. Poor drainage. Progressive transition to Bcg1,

Bcg1 (36-53 cm): Dull brownish red (10YR 3/2, dry), sandy-clay loam texture (31% clay). Massive compact structure. No organic matter. 12 % ferrous concretions (incipient induration). Very low porosity. Rare roots. Very poor drainage. Progressive transition to Bcg2,

Bcg2 (53-70 cm): Dull brownish red with intense rust mottles (10YR 5/2, dry), clayey texture (43 % clay). Massive structure. No organic matter. 15 % iron and clay concretions. Very low porosity. Rare roots. Very poor drainage. Intense rust mottles indicate iron oxidation during drying phases after waterlogging. Bottom of profile.

Fig. 3. Morphological profile of L1-P3 Stagnic Ferric Acrisol (Dystric, Endopetric), grass savanna, Bouna, Comoé National Park. UTM: N 967096 / W 410054, altitude 201 m, March 24, 2023



Description

A1 (0-11 cm): Dark brown (10YR 3/3, moist), loamy clay texture (20 % clay), well-developed granular structure, OM = 1.47%, signs of anthropogenic compaction. Sharp transition to Btg.

Btg (11-23 cm): Yellowish brown (7.5YR 5/6, moist), clayey texture (38 % clay)-abrupt clay increase from A1 (20 to 38 %), ratio Btg/A1 = 1.90, well above the WRB argillic threshold of 1.2. Argillic horizon (t) with redoximorphic features (g). Clay-CEC = 16.8 cmol(c) kg^{-1} < 24 (Acrisol). 18 % clay concretions with hydromorphic mottles. Low porosity. Few centimetric roots. Poor drainage. Irregular transition to Bwcg.

Bwcg (23-40 cm): Mottled yellowish brown (10YR 5/4, moist), clayey texture (39 % clay). *In-situ* alteration (w) + concretions (c) + redox mottles (g). 20 % ferruginous concretions with intense oxidation mottles. Particulate structure. No organic matter. Rare roots. Poor drainage. Progressive transition to Bcg1.

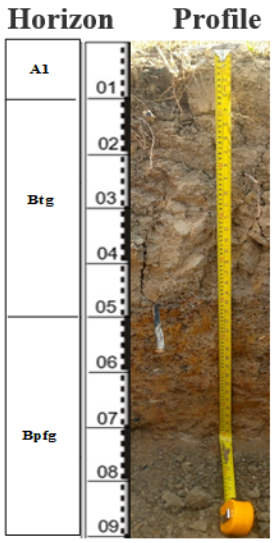
Bcg1 (40-61 cm): Brown (7.5YR 4/6, moist), sandy-clay texture (22% clay). Black MnO_2 mottles; clay-CEC = 20.9 < 24; pronounced waterlogging. Massive compact structure. No organic matter. 25% coarse elements. Very low porosity. Rare roots. Very poor drainage. Progressive transition to Bcg2,

Bcg2 (61-90 cm): Olive brown (5Y 5/3, moist), clayey texture (36 % clay). pH = 7.0 anomaly; abundant MnO_2 nodules; induration at 90 cm (Endopetric); refusal at 100 cm. Positive ΔpH (+1.1) indicates net positive variable charge. Massive structure. No organic matter. 30% coarse elements. Very low porosity. No roots. Very poor drainage. Bottom of profile.

Fig. 4. Morphological profile of L1-P4 Stagnic Ferric Acrisol (Dystric, Endopetric), degraded wooded savanna, Nassian periphery, Comoé National Park. UTM: N 967036 / W 410136, altitude 199 m, March 24, 2023

3.4 STAGNIC FERRIC ACRISOL (DYSTRIC, ENDOPETRIC) - L1-P5 - SHRUB SAVANNA

Profile L1-P5 (196 m, Nassian) presents a high CEC (14.8 cmol (c).kg^{-1}) in the Btg horizon (11-50 cm), interpreted as a smectite neoformation signature under pseudo-gley conditions (colour 5Y 7/3). Clay-CEC drops to 10.7-21.2 cmol (c). kg^{-1} in the Bpfg horizon (50-91 cm), confirming Acrisol classification. Available P is near-zero throughout depth (0.1–0.3 mg.kg^{-1}). Ferruginous induration begins at 50 cm (Fig.5).



Description

A1 (0-11 cm): Dark brown (7.5YR 6/3, moist), sandy-clay loam texture (26 % clay), granular structure, OM = 1.38 %, 34.78 % argillaceous aggregates, abundant sub-horizontal roots (mm to cm). Very good porosity. Very good drainage. Progressive transition to Btg.

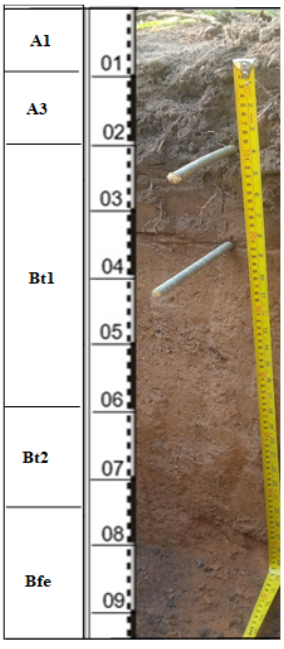
Btg (11-50 cm): Beige pseudo-gley (5Y 7/3, dry), characteristic colour of intense seasonal waterlogging. Clayey texture (46-52 % clay according to sampling depth). Clay accumulation ratio 1.77-2.00, well above the WRB threshold of 1.2. Argillic horizon (t) + hydromorphic features (g). 8.33 % oxidising argillaceous concretions. CEC = 148 $mmol^{+}\ kg^{-1}$, exceptional value suggesting smectite neoformation under pseudo-gley conditions. Massive structure. Low porosity. Rare centimetric to decimetric roots. Poor drainage. Irregular transition to Bpfg.

Bpfg (50-91 cm): Mottled red (10YR 5/2, dry), clayey texture (45-49 % clay). Incipient Petroferric horizon (pf) with ferruginous induration from 50 cm (Endopetric). Quartz vein from Precambrian basement (granite) visible below 50 cm. Very poor drainage with intense oxidation traces. 8.82% coarse elements. No roots. Very low porosity. Bottom of profile with generalised induration beyond 90 cm..

Fig. 5. Morphological profile of L1-P5 Stagnic Ferric Acrisol (Dystric, Endopetric), shrub savanna, Kakpin-Nassian, Comoé National Park. UTM: N 966975 / W 410213, altitude 196 m, March 24, 2023

3.5 FERRIC ACRISOL (DYSTRIC, ENDOPETRIC) - L1-P6 - DEGRADED TREE SAVANNA

Profile L1-P6 (190 m) is the most ferrallitised, with absolute minimum clay-CEC of 9.5 cmol (c).kg^{-1} in the argillic Bt1 (20-59 cm). Unlike L1-P3-P5, L1-P6 shows no Stagnic features (vivid colours exclusively 5YR/7.5YR), indicating effective drainage, likely facilitated by the macroporosity of pysoplentique ferruginous concretions. Unaltered quartz and feldspar crystals in Bt2 (59-74 cm) signal a shallow lithological contact with Precambrian granite. Available P in A1 (5.5 $mg.kg^{-1}$) is slightly higher than in L1-P3/P4 (Fig. 6), attributed to transitional P release from weathering feldspars.



Description

A1 (0-9 cm): Dark brown (7.5YR 3/4, moist), sandy-loam texture (16% clay), granular coherent structure, OM = 1.21 %, 44% argillaceous aggregates (intense biological pedoturbation by termites and burrowing fauna). Good porosity. Numerous roots (mm to cm). Good drainage. Irregular transition to A3.

A3 (9-20 cm): Dark to pale brown (7.5YR 6/6, moist), clayey texture (46 % clay), partially humiferous (OM = 1.21 %), incipient oxidising concretions (36.36 %). Coherent to subangular blocky structure. C/N = 7.8: highly mineralised organic matter. Medium drainage. Irregular transition to Bt1.

Bt1 (20-59 cm): Brun rougeâtre (5YR 6/8, frais à sec). Argile (40 %). Horizon argilique principal : ratio Bt1/A1 = 2,50. Couleur 5YR témoigne de sesquioxydes de Fe libres (goethite/hématite). EG = 35,71 % de concrétions pysoplentiques (ferrugination avancée). Structure massive et cohérente. pH 5,3; CEC = 3,8 cmol(c)/kg; CEC argile = 9,5 cmol(c)/kg. Transition progressive vers Bt2,

Bt2 (59-74 cm): Reddish brown (5YR 5/8, dry), clayey texture (42 % clay). Lower argillic horizon. Unaltered quartz and feldspar crystals visible (23.68 % coarse elements) shallow lithological contact with Precambrian granite (granite or gneiss). Massive structure. Poor drainage. Few rare millimetric roots. Progressive transition to Bfe.

Bfe (74-94 cm): Brown-red with ochre red mottles (5YR 5/8 mottled, dry), clayey texture (41 % clay). Dense pysoplentique clay concretions (22.85 %) + ferruginous induration at 85 cm (Endopetric). Subangular fragmentary structure. No roots. Very low porosity. pH rises to 6.1 (Fe/Al oxide buffering). Active lateritisation beyond 85 cm. Bottom of profile.

Fig. 6. Morphological profile of L1-P6 - Ferric Acrisol (Dystric, Endopetric), degraded tree savanna, Nassian, Comoé National Park. UTM: N 966990 / W 410287, altitude 190 m, March 25, 2023

3.6 ANALYTICAL SUMMARY

The five profiles of transect L1 form a coherent pedogenetic sequence whose morphological expression (Figures 2-6) is fully consistent with the analytical data summarised in Tables 2 and 3. Three convergent gradients structure this sequence.

A systematic decline in clay-CEC. The diagnostic argillic horizon shows a monotonic decrease in clay-CEC from 27.4 cmol (c) kg^{-1} in the gallery-forest Lixisol to 9.5 cmol (c) kg^{-1} in the degraded tree-savanna Acrisol, crossing the WRB 2022 discrimination threshold of 24 cmol (c) kg^{-1} between L1-P1 and L1-P3 (Table 1). This transition from 2: 1 clay minerals under gallery forest to kaolinite-dominated assemblages under open savanna is visually expressed by the progressive change in horizon colouration (from the beige-brown tones of L1-P1 to the vivid reddish-brown 5YR hues of L1-P6 Bt1) and is confirmed by the systematically lower CEC values throughout the argillic horizons of L1-P3 through L1-P6 (Table 2).

A progressive onset and intensification of waterlogging. The absence of redoximorphic features in L1-P1 and L1-P6 contrasts sharply with the Stagnic features documented from 10-11 cm in L1-P3, L1-P4, and L1-P5. The distinctive pale beige pseudo-gley colour (5Y 7/3) of the Btg horizon in L1-P5 is the most visually striking expression of this waterlogging, consistent with the exceptional CEC of 148 $mmol^{+}$ kg^{-1} recorded in Table 2 and interpreted as smectite neoformation under alternating redox conditions. In L1-P4, the blackish MnO_2 nodules visible in Bcg2 directly correspond to the pH 7.0 anomaly and positive ΔpH (+1.1) reported in Table 2.

A near-complete phosphorus collapse. Available P in the surface horizon drops from 16.3 mg kg^{-1} under gallery forest to 1.4-3.6 mg kg^{-1} under savanna (L1-P3, L1-P4, L1-P5), reflecting the progressive loss of organic litter input visible in the thinning and darkening of surface A horizons across. The slightly elevated P in L1-P6 A1 (5.5 mg $kg^{-1,}$ Table 1) is a transitional anomaly attributable to incipient feldspar weathering, as confirmed by the unaltered quartz and feldspar crystals visible in the Bt2 horizon of Figure 6 (a morphological feature unique to this profile on the transect).

Taken together, the morphological profiles (Figures 2-6) and analytical tables (Tables 2-3) establish that the forest-savanna vegetation gradient along transect L1 is underpinned by a measurable, multi-indicator soil quality decline, operating simultaneously on clay mineralogy, drainage regime, and phosphorus availability: three edaphic functions directly controlling woody species establishment and vegetation cover dynamics in the Comoé National Park periphery

Table 2. Summary of WRB 2022 classification and key analytical parameters for the five profiles of transect L1, Comoé National Park. CECclay = clay cation exchange capacity in the diagnostic argillic horizon (*); V = base saturation (pH 7 ammonium acetate); P_{avail} = available phosphorus (Bray II) in the surface horizon

Profile	Vegetation	Clay ratio B/A	CECclay* (cmol/kg)	Stagnic (depth cm)	P avail. mg/kg	WRB 2022
L1-P1	Gallery forest	2.50	27.4	None	16.3	Ferric Lixisol (Dystric, Skeletic)
L1-P3	Wooded savanna	1.44	21.2	Yes (10)	3.6	Stagnic Ferric Acrisol (Dystric)
L1-P4	Degraded savanna	1.90	16.8⊀	Yes (11)	2.1	Stagnic Ferric Acrisol (Dystric, Endopetric)
L1-P5	Degraded savanna	1.77-2.00	10.7⊀	Yes (11)	1.4	Stagnic Ferric Acrisol (Dystric, Endopetric)
L1-P6	Tree savanna	2.50	9.5	None	5.5§	Ferric Acrisol (Dystric, Endopetric)

⊀pH anomaly (7.0) in Bcg2 attributed to MnO_2 nodule dissolution. ⊀Btg-1 CEC = 148 $mmol^{+}$ kg^{-1} (smectite neoformation); minimum CECclay in Bpfg. § Elevated P from incipient feldspar weathering.

Table 3. Detailed analytical data (chemistry and clay-CEC) for all profile horizons. OC = organic carbon; CEC = cation exchange capacity; V = base saturation; ΔpH = pH (KCl) – pH (H_2O)

Profile	Horizon	Depth (cm)	pHH_2O	OC (%)	Clay (%)	CEC cmol/kg	V (%)	CECclay cmol/kg	ΔpH
L1-P1	A0	0-3	6.2	0.84	6	4.7	79	78.3	−0.9
	B1.1	3-94	6.4	0.46	15	5.6	80	37.3	−0.9
	B1.2	94-110	6.5	0.34	27	7.4	80	27.4*	−0.9
L1-P3	A1	0-10	6.1	0.81	34	7.7	76	22.6	−1.1
	Btg	10-26	6.8	0.43	49	10.4	77	21.2*	−0.9
	Bwcg	26-36	6.3	0.35	14	5.6	76	40.0⊁	−0.9
	Bcg1	36-53	6.5	0.38	31	6.5	78	20.6	−0.9
	Bcg2	53-70	6.6	0.35	43	11.3	77	25.1	−0.9
L1-P4	A1	0-11	6.0	0.85	20	6.8	82	34.0	−0.9
	Btg	11-23	6.2	0.58	38	6.4	80	16.8*	−0.9
	Bwcg	23-40	6.3	0.45	39	7.8	80	20.0	−0.9
	Bcg1	40-61	6.5	0.38	22	4.6	83	20.9	−0.9
	Bcg2	61-100	7.0⊁	0.32	36	11.3	89	31.4⊁	+1.1‡
L1-P5	A0	0-11	6.6	0.80	26	8.1	83	31.2	−1.1
	Btg-1	11-50s	6.6	0.55	46	14.8§	83	32.2	−1.1
	Btg-2	11-50i	6.7	0.54	52	-	-	-	−1.1
	Bpfg-1	50-91s	6.4	0.43	49	10.4	82	21.2*	−1.1
	Bpfg-2	50-91i	5.6	0.52	45	4.8	85	10.7*	−1.1
L1-P6	A1	0-9	6.6	0.70	16	4.5	88	28.1	−1.1
	A3	9-20	5.9	0.70	46	6.0	83	13.0	−1.1
	Bt1	20-59	5.3	0.45	40	3.8	84	9.5*	−1.1
	Bt2	59-74	5.6	0.44	42	4.9	83	11.7	−1.1
	Bfe	74-94	6.1	0.44	41	5.6	84	13.7	−1.1

**Diagnostic argillic horizon. ⊁Artefact: CECclay inflated by very low clay content (14 %); not used for classification. ⊁Bcg2 pH anomaly and positive ΔpH attributed to MnO_2 dissolution. CEC = 148 mmol$^+$ kg^{-1}; interpreted as smectite neoformation. s = upper sub-sample; i = lower sub-sample.*

4 DISCUSSION

4.1 CLAY-CEC AS DISCRIMINATING CRITERION BETWEEN LIXISOLS AND ACRISOLS

The 24 cmol (c) kg^{-1} threshold clearly separates L1-P1 (Ferric Lixisol, clay-CEC = 27.4) from profiles L1-P3 and L1-P4 (Acrisols, 16.8-21.2 cmol (c) /kg). This difference reflects distinct clay mineralogy: gallery forest Lixisols retain a kaolinitic-illitic fraction with high adsorptive capacity under gentle weathering and favourable drainage, whereas wooded-savanna Acrisols subject to more pronounced ferrallitisation and alternating drought–saturation cycles show declining clay-CEC through advanced kaolinisation and progressive replacement by low-charge iron oxides [13 [, [14]. L1-P4, at the CNP periphery (Nassian), has the lowest clay-CEC among the Stagnic Acrisols (16.8 cmol (c).kg^{-1}), consistent with more intense ferrallitisation and more persistent hydromorphic conditions. L1-P6, without Stagnic features but showing the most oxidising permanent conditions (colours 5YR/7.5YR throughout), reaches the absolute minimum of 9.5 cmol (c).kg$^{-1,}$ characteristic of kaolinite + Fe^{3+} oxides assemblage with minimal charge.

4.2 PROGRESSION OF STAGNIC FEATURES AND THEIR ECOLOGICAL SIGNIFICANCE

Profile L1-P1 is free of redoximorphic features, benefiting from lateral drainage under gallery forest. In contrast, L1-P3 and L1-P4 show Stagnic features from 10-11 cm, reflecting seasonal waterlogging in the wet season above the compact argillic horizon. This process, well-documented in Sudanian Acrisols [15], is amplified in L1-P4 by ferruginous induration at 90 cm blocking vertical percolation. The resulting shallow rooting constraint directly inhibits the establishment of deep-rooted woody species and contributes to the documented regression of tree cover at the CNP periphery.

4.3 MNO2-MEDIATED PH ANOMALY IN L1-P4 BCG2

The pH 7.0 and positive ΔpH (+1.1) in Bcg2 of L1-P4 are exceptional for a dystric Acrisol (typical pH < 6.5 at depth). Two non-exclusive mechanisms are proposed: (i) MnO_2 reduction under prolonged reducing conditions ($MnO_2 + 4H^+ + 2e^- \rightarrow Mn^{2+} + 2H_2O$), consuming protons and raising local pH; (ii) release of Ca^{2+} and Mg^{2+} during MnO_2 nodule dissolution, reaching the highest base saturation of the profile (V = 89.4%

in Bcg2). This manganese-mediated neutralisation is documented in ferruginous soils with manganiferous nodules in West Africa [16], [17]. Induration at 90 cm concentrates reducing reactions in this zone. The positive ΔpH (net positive variable charge) further confirms dominance of sesquioxides buffering at neutral-to-basic pH.

4.4 Phosphorus Availability As The Limiting Factor For Woody Vegetation

The P gradient (16.3 $mg.kg^{-1}$ in L1-P1 A0 to 0.1-1.3 $mg.kg^{-1}$ in deep Bcg of L1-P3/P4) constitutes the most direct edaphic constraint on vegetation recovery. In gallery forest, dense litter ensures continuous biological P recycling, moderate ferrallitisation allows organic matter to complex phosphate, and slightly acidic pH (6.2) limits P precipitation [18]. In savanna Acrisols, near-complete P immobilisation by Fe-Al sesquioxides at low organic matter content [19] prevents the mycorrhizal symbiosis and root growth required for woody pioneer species to establish on degraded surfaces. The slightly elevated P in L1-P6 A1 (5.5 $mg.kg^{-1}$) from weathering feldspars is a transient reservoir that will decline as weathering advances.

4.5 Smectite Neoformation Anomaly In L1-P5

The CEC of 148 $mmol^{+}\ kg^{-1}$ in the Btg-1 of L1-P5 is far above the kaolinite range (3-15 cmol (c).kg^{-1}) and constitutes a diagnostic signature of 2: 1 phyllosilicate neoformation. Seasonal waterlogging (colour 5Y 7/3) creates favourable hydrolysis conditions for crystallisation of montmorillonite or beidellite from dissolution of iron oxides and silica mobilisation [20], [21]. The 67% collapse of CEC from Btg to Bpfg-2, concomitant with colour change from 5Y to 10YR indicating return to oxidising conditions, confirms that smectites are confined to the pseudo-gley zone and replaced by kaolinite and Fe^{3+} oxides in depth [13]. This neogenesis produces a temporary local improvement of cation retention capacity in the waterlogged zone, but P immobilisation remains near-complete (0.1-0.3 $mg.kg^{-1}$).

4.6 Pedogenetic Gradient And Conservation Management

The decreasing clay-CEC gradient (78.3 to 9.5 cmol (c).kg^{-1} from L1-P1 to L1-P6), correlated with P decline (16.3 to 0.1-1.4 $mg.kg^{-1}$) and the progression of Stagnic and Endopetric features, reflects a systematic increase in ferrallitisation and edaphic impoverishment from the protected gallery forest toward the anthropogenic pressure zone at the CNP periphery [22], [23]. These results support differentiated conservation measures: strict protection of gallery forests (maintaining P stocks and biological soil structure as refugia for woody species regeneration), and rehabilitation of degraded Acrisols through adapted agroforestry (leguminous shrubs for N input and P solubilisation, wildfire management). The profiles at the CNP periphery (L1-P4, L1-P6) represent irreversible stages of soil degradation under current management [24]; restoration will require active intervention to re-introduce organic matter and break the impermeable ferruginous layers.

5 Conclusion

The pedological analysis of five profiles along transect L1 of the Comoé National Park, Bouna (Côte d'Ivoire) establishes a quantitative edaphic basis for vegetation cover decline along the forest-savanna gradient under anthropogenic pressure. The single gallery-forest Ferric Lixisol contrasts sharply with the three Stagnic Ferric Acrisols presenting early temporary waterlogging (10-11 cm), severe P immobilisation, and abundant ferruginous concretions. L1-P4 documents an exceptional MnO_2-mediated pH buffering; L1-P5 shows a smectite neoformation signature is the most ferrallitised profile, with the absolute minimum clay-CEC of 9.5 cmol (c) /kg, shallow lithological contact signalled by unaltered feldspars, and pysoplentique concretions evidencing advanced lateritisation. Clay-CEC of the argillic horizon is confirmed as a reliable and operationally relevant criterion for discriminating soil quality along this forest–savanna gradient in the Sudanian pedoclimatic context of West Africa. The correlated gradient of clay-CEC and available P provides a robust analytical foundation for soil–vegetation modelling and for prioritising differentiated habitat management at the CNP: strict protection of gallery forests and active rehabilitation of peripheral degraded Acrisols.

Acknowledgment

The authors thank the Direction des Parcs Nationaux de Côte d'Ivoire for granting field access authorisations, and the field teams for their logistical support. This work is part of a doctoral thesis funded by the Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR).

References

[1] Koueita, M., Konaté, K., Diomandé, M., Brou, A. N., 2018. La problématique de gestion du Parc National de la Comoé (PNC) en Côte d'Ivoire, entre la survie des populations riveraines et la conservation de la biodiversité. European Scientific Journal, 14 (35), 391–411. https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n35p391.

[2] V. Gond, «Contribution des données NOAA-AVHRR à la caractérisation des savanes africaines,» Ph.D. dissertation, Université Toulouse le Mirail, Toulouse, France, 1999. [Online]. Available: https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01239710.

[3] A. E. N'Guessan, N'J. Kassi, N. O. Yao, H. K. B. Amani, G. Z. R. Gouli, C. Piponiot, C. Z. Irie Bi, and B. Hérault, «Drivers of biomass recovery in a secondary forested landscape of West Africa,» *Forest Ecology and Management,* vol. 433, pp. 325–331, 2019. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.11.021

[4] K. H. Koné, K. E. Konan, and Z. Koli Bi, «Caractérisation de la végétation du parc national de la Comoé (nord-est de la Côte d'Ivoire),» *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement,* no. 1, pp. 18–31, 2021.

[5] A. Konate, N. H. Dibi, and A. J. Bongoua-Devisme, «Analyse par télédétection de la dynamique des formations végétales 2002–2022 dans le Sud du Parc national de la Comoé (Nord-Est de la Côte d'Ivoire),» *European Scientific Journal, ESJ,* vol. 22, no. 3, p. 124, 2026. https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n3p124.

[6] Y. S. S. Barima, Dynamique, fragmentation et diversité végétale des paysages en milieux de transition forêt-savane dans le département de Tanda (Côte d'Ivoire). Doctoral thesis, Université libre de Bruxelles, Belgium, 2009.

[7] P. A. Silue, D. Soro, K. E. Kouassi, and D. Soro, «Dynamique d'occupation du sol et diversité floristique de la Forêt Classée de la Palé (Côte d'Ivoire),» *European Scientific Journal, ESJ,* vol. 17, no. 43, p. 1, 2021. https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n43p1.

[8] T. D. Soro, O. Blé Louan, J.-J. Koua Tanoh, A. Adjiri Oi, K. E. Ahoussi, G. Soro, M.-S. Oga Yei, and Soro Nagnin, «Suivi de la dynamique de l'occupation et de l'utilisation du sol dans le bassin versant du Haut Bandama à Tortiya (Nord de la Côte d'Ivoire) et son impact sur les écoulements,» *Environmental and Water Sciences, Public Health & Territorial Intelligence,* vol. 6, no. 1, pp. 754–760, 2022.

[9] E. Roose, Dynamique actuelle de sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique Occidentale: étude expérimentale des transferts hydrologiques et biologiques de matières sous végétations naturelles ou cultivées, Travaux et Documents de l'ORSTOM, no. 130. Paris: ORSTOM, 1981, 569 p. ISBN 2-7099-0594-9.

[10] BUNASOLS, Etude de reconnaissance des sols, région de Bouna. Burkina Faso, 1989.

[11] IUSS Working Group WRB (2022). World Reference Base for Soil Resources. International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps (4th ed.). International Union of Soil Sciences (IUSS).

[12] https://www.isric.org/sites/default/files/WRB_fourth_edition_2022-12-18.pdf

[13] L. P. van Reeuwijk, Procedures for Soil Analysis, 6th ed. Wageningen: ISRIC/FAO, 2002.

[14] B. Diop, I. Gbaguidi, P. Lo, A. Cisse, S. Sène and M. Ba, «Grain Size Influence on the Compaction Aptitude and the Bearing Strength of the Gravel Lateritic Soils,» *Geomaterials,* vol. 8, no. 4, pp. 63–76, 2018. doi: 10.4236/gm.2018.84005.

[15] T. Shibusawa, K. Tamura and M. Asano, «Anthropogenic Pedofeature in Andosols in Santome Shinden, One of the Representative Sites of the Satoyama Environment in Japan,» *Open Journal of Soil Science,* vol. 12, no. 12, pp. 586–604, 2022. https://doi.org/10.4236/ojss.2022.1212025.

[16] Z. Pang, Y. Zhang, S. Han, E. Wang and X. Chen, «Effects of Root Architecture on Uprooting Properties between Deciduous and Evergreen Species with Different Growth Habits,» *Forests,* vol. 15, p. 585, 2024. 585. https://doi.org/10.3390/f15040585.

[17] S. K. Obeng, M. Kulhánek, J. Balík, J. Černý and O. Sedlář, «Manganese: From Soil to Human Health-A Comprehensive Overview of Its Biological and Environmental Significance,» *Nutrients,* vol. 16, p. 3455, 2024. https://doi.org/10.3390/nu16203455.

[18] I. Sanchary and T. Akter, «Single and Sequential Extraction of Copper by Different Extractants from Different Peat Soil Samples of Bangladesh,» *Open Journal of Soil Science,* vol. 11, no. 12, pp. 611–627, 2021. doi: 10.4236/ojss.2021.1112030.

[19] G. Dowuona, P. Atwere, W. Dubbin, P. Nude, B. Mutala, E. Nartey and R. Heck, «Characteristics of Termite Mounds and Associated Acrisols in the Coastal Savanna Zone of Ghana and Impact on Hydraulic Conductivity,» Natural Science, vol. 4, no. 7, pp. 423–437, 2012. doi: 10.4236/ns.2012.47058.

[20] S. Zingore, R. J. Delve, J. Nyamangara and K. E. Giller, «Multiple Benefits of Manure: The Key to Maintenance of Soil Fertility and Restoration of Depleted Sandy Soils on African Smallholder Farms,» *Nutrient Cycling in Agroecosystems,* vol. 80, pp. 267–282, 2008. https://doi.org/10.1007/s10705-007-9142-2.

[21] D. Bitom, B. Volkoff, A. Beauvais, F. Seyler and P.-D. Ndjigui, «Rôle des héritages latéritiques et du niveau des nappes dans l'évolution des modelés et des sols en zone intertropicale forestière humide,» *Comptes Rendus Geoscience,* vol. 336, pp. 1161–1170, 2004.

[22] C. Ansart, «Formation des latérites du bouclier amazonien: apports du couplage minéralogie - géochimie - géochronologie,» Ph.D. dissertation, Université Paris-Saclay, Paris, France, 2022. [Online]. Available: https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-03646949.

[23] P. Kersting, «Recherches pédo-écologiques dans le Parc National de la Comoé (Côte-d'Ivoire),» *Les Cahiers d'Outre-Mer,* vol. 58, no. 229, pp. 57–80, 2005. https://doi.org/10.4000/com.264

[24] P. Toscano, M. Brambilla, M. Cutini, and C. Bisaglia, «The stony soils reclamation systems in agricultural lands: a review,» *Agricultural Sciences,* vol. 13, no. 4, pp. 500–519, 2022. https://doi.org/10.4236/as.2022.134034.

[25] Soil Survey Staff, *Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys,* 2nd ed., Agriculture Handbook No. 436. Washington, D.C.: USDA-NRCS, 1999. [Online]. Available: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051232.pdf

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 1007-1019
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Évolutions hydro-pluviométriques et exposition des zones urbaines aux inondations dans le bassin versant du N'zo: Cas des villes de Man, Guiglo et Bangolo (Côte d'Ivoire)

[Hydro-pluviometric trends and urban flood risk in the N'zo watershed: The case of the cities of Man, Guiglo, and Bangolo the cases of Man, Guiglo and Bangolo (Côte d'Ivoire)]

Koffi Daniel Kouassi, Della André Alla, and Kouadio Christophe N'Da

Institut de Géographie Tropicale, Université Felix Houphouet Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The urban areas of the N'zo watershed, in western Côte d'Ivoire, face recurring floods that exacerbate the vulnerability of the households exposed to them. The objective of this study is therefore to analyze the hydro-pluviometric dynamics in this basin in order to understand the recurrence of flooding in the urban areas of Man, Guiglo, and Bangolo. The study of hydro-pluviometric characteristics is therefore essential to understandingthe origins of this hydrological risk in these urban areas. To this end, statistical analyses have highlighted changes in precipitation as well as in the hydrological regime. Concurrently, the use of geographic information systems (GIS) has enabled the identification and spatialization of areas exposed to flooding. The results reveal annual and seasonal fluctuations in precipitation and runoff, with a high concentration during the period from July to October. This period is there fore particularly prone to the occurrence of high water levels and flooding. Furthermore, the study reveals that 28.67% of the urban area of Man is at risk of flooding. In Guiglo and Bangolo, the areas exposed to this natural hazard account for 49.88% and 36.63% of these urban areas, respectively. In this context, urban populations are exposed to this hydrological risk and are becoming increasingly vulnerable due to its recurrence.

KEYWORDS: watershed, flooding, exposure, recurrence, urban area.

RESUME: Les zones urbaines du bassin versant du N'zo, dans l'Ouest de la Côte d'Ivoire, font face à une récurrence des inondations exacerbant la vulnérabilité des ménages qui y sont exposés. La présente étude a donc pour objectif d'analyser les dynamiques hydro-pluviométriques dans ce bassin afin de comprendre la récurrence des inondations dans les zones urbaines de Man, Guiglo et Bangolo. L'étude des caractéristiques hydro-pluviométriques est donc essentielle pour comprendre le la genèse de ce risque hydrologique dans ces territoires urbains. A cet effet, les analyses statistiques ont permis de mettre en évidence l'évolution des précipitations ainsi que celle du régime hydrologique. Parallèlement, l'utilisation des systèmes d'information géographique (SIG) a permis d'identifier et spatialiser les zones exposées aux inondations. Les résultats révèlent une fluctuation annuelle et saisonnière des précipitations et des débits, avec une forte concentration sur la période de juillet à octobre. Cette période s'avère donc particulièrement sensible à l'apparition des crues et des inondations. Par ailleurs, l'étude révèle que 28,67% de l'espace urbain de Man est exposé aux inondations. A Guiglo et Bangolo, les espaces exposés à ce risque naturel représentent respectivement 49,88% et 36,63 % de ces territoires urbains. Dans ce contexte, les populations urbaines sont exposées à ce risque hydrologique et deviennent de plus en plus vulnérables, en raison de sa récurrence.

MOTS-CLEFS: bassin versant, zone urbaine, inondation, exposition, récurrence.

1 INTRODUCTION

Les inondations urbaines constituent aujourd'hui l'un des risques hydrologiques majeurs affectant les zones urbaines, particulièrement en Afrique de l'ouest. Cette région enregistre de forte variabilité hydro-pluviométrique qui influence l'occurrence, l'intensité et la fréquence des crues et des inondations fluviales en milieu urbain (Z. Nouaceur, 2020, p 89- 109). Ces phénomènes sont le résultat de la combinaison de facteurs hydro-pluviométriques tels que l'intensification épisodes de précipitations extrêmes influençant ainsi les débits et de facteurs

anthropiques notamment l'urbanisation rapide et mal planifié. En Côte d'Ivoire, des chercheurs ont montré que la persistance des épisodes pluvieuses contribue significativement à l'augmentation du risque d'inondation (K. A. Coulibaly et *al.,* 2024, P 1-12). Le bassin versant du N'zo fait face à une occurrence des précipitations qui ont une incidence directe dans l'avènement des cures et des inondations. Les zones urbaines implantées dans cet hydrosystème n'échappe pas aux inondations qui sont de plus en plus récurrents et dommageables. Dans les zones urbaines traversés par les cous d'eaux et leurs affluents, l'occupation des fonds de vallées, des zones basses et des lits majeurs des cours d'eaux augmentaient significativement l'expositions des populations et leurs biens aux débordements des cours d'eaux lors des évènements extrêmes (Z. Nouaceur, 2020, p. 102). Ainsi, à Man, Bangolo et Guiglo, les inondations sont de plus en plus régulières et rendent vulnérables les ménages qui sont affectées.

Cette étude se propose d'analyser les caractéristiques hydro-pluviométriques afin de comprendre la récurrence des inondations dans les zones urbaines du bassin versant du N'zo, qui sont de plus en plus vulnérables à ce risque naturel. Elle s'appuie sur une approche intégrée combinant analyses statistiques hydro-pluviométriques et analyses spatiales pour déterminer les zones d'aléas inondations dans ces villes. Cette approche vise à renforcer la compréhension des mécanismes d'appariations des inondations dans ces ville afin d'envisager une meilleure gestion de ce risque dans l'hydrosystème du N'zo.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 LA ZONE D'ETUDE

Les zones urbaines de Man, Bangolo et Guiglo sont situées dans le bassin versant du N'zo, sous bassin du Sassandra, circonscrit dans le district de la montagne. Ces zones urbaines constituent les villes majeures de ce bassin versant dont le principal cours d'eaux est le N'zo. Ce cours d'eaux et ses affluents drainent ce hydrosystème où sont implantées ces villes.

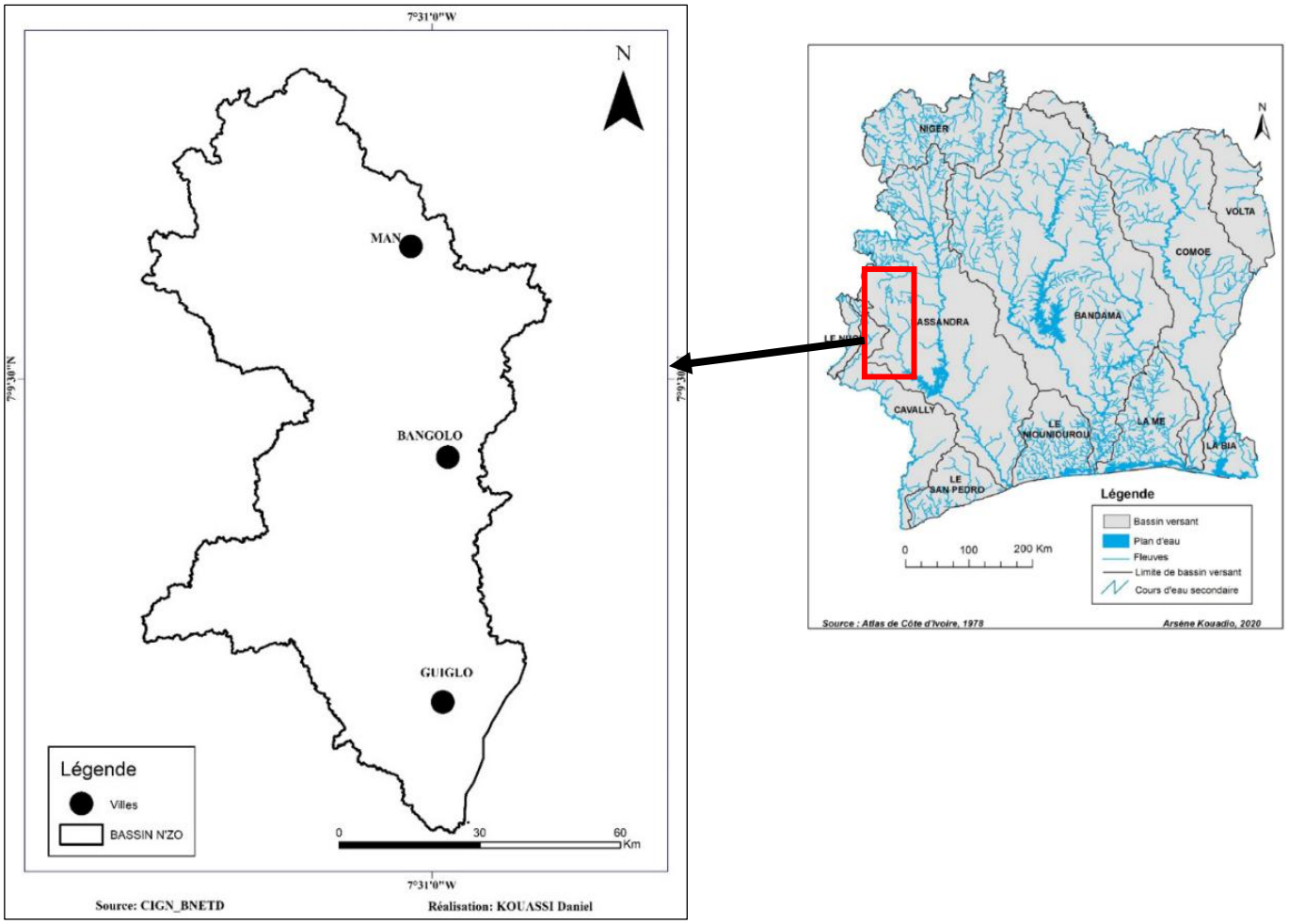


Fig. 1. Présentation de la zone d'étude

2.2 DONNEES D'ETUDES

Les séries de données pluviométriques mensuelles utilisées dans la présente étude sont des données satellitaires CHIRPS (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data), accessible via le site www.climateEngine.org. Ces données couvrent largement le bassin versant permettant l'analyse de la pluviométrie.

De plus, Les données hydrométriques (débits journaliers) ont été obtenues auprès de la Direction de l'Hydrologie Humaine (DHH) du Ministère de l'hydraulique. Elles sont issues de cinq (05) stations hydrométriques, implantés à l'intérieur du bassin versant.

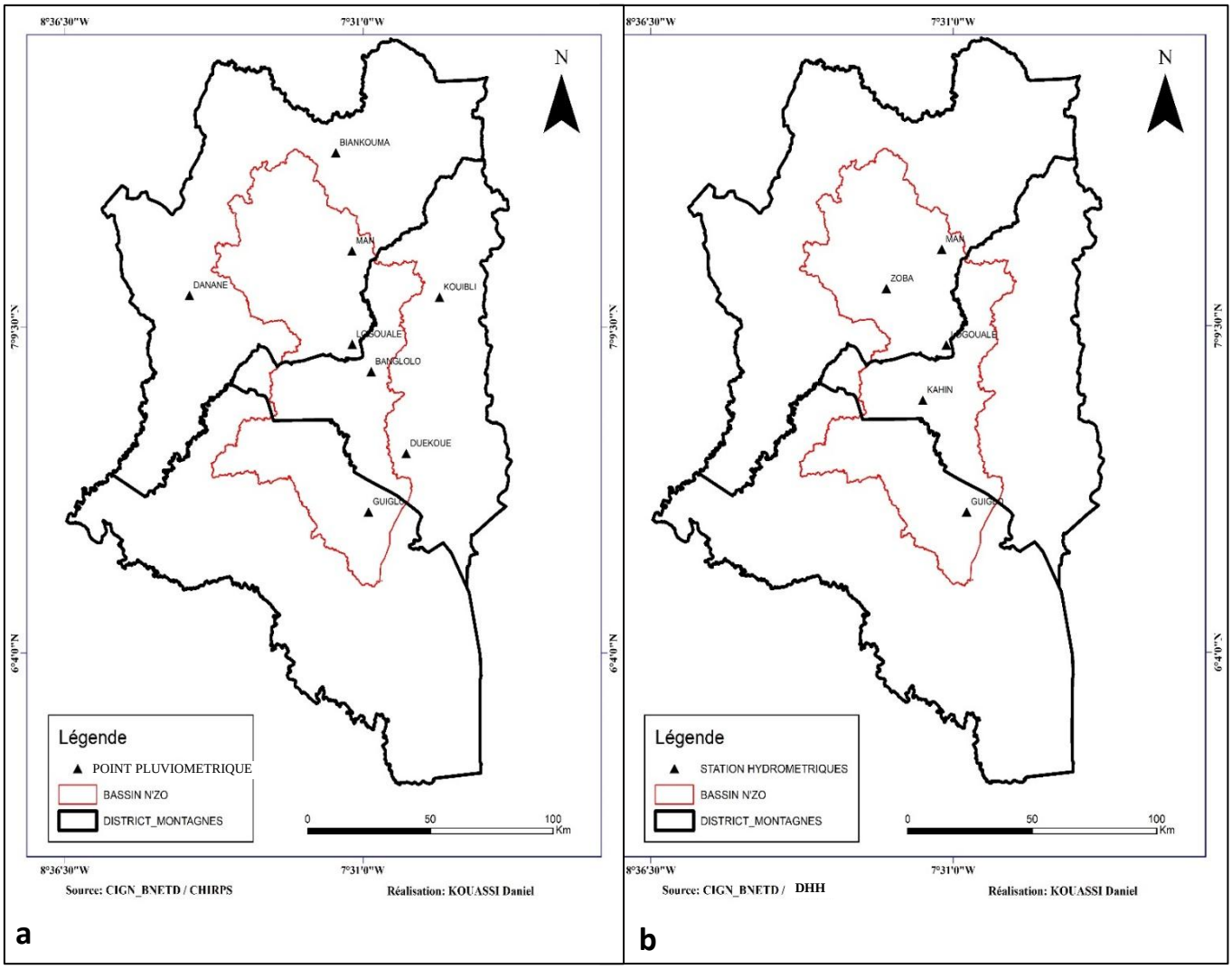


Fig. 2. Réseaux de points pluviométriques (a) et hydrométriques (b) du bassin versant du N'zo

Par ailleurs, l'image Shuttle Radar Topography Mission (STRM) a permis de faire ressortir les principaux éléments physiques (altitudes, pentes, cours d'eaux) des zones urbaines. L'image a été téléchargée sur le site internet http://earthexplorer.usgs.gov avec les caractéristiques suivantes: 30 m de résolution spectrale, format du fichier Tiff, capture faite en 2020.

2.3 METHODE DE TRAITEMENT DES DONNEES

2.3.1 ANALYSE DE L'EVOLUTION PLUVIOMETRIQUE

L'analyse de l'évolution pluviométrique sur la période allant de 1982 à 2022 repose sur l'exploitation des cumuls annuels (P*an*) calculés par l'agrégation des données mensuelles. Elle repose donc sur une approche statistique à partir d'Excel.

Cette approche permet donc de d'analyser l'évolution interannuelle précipitation au sein du bassin versant et d'appréhender les tendances globales pluviométriques au cours de cette série.

2.3.2 CARACTERISATION DE LA VARIATION SAISONNIERE ET MENSUELLE DES PLUIES

L'étude des précipitations mensuelles est d'une grande importance en hydrologie car elle permet d'affiner l'analyse des pluies annuelles en mettant en évidence la répartition saisonnière et inter-mensuelle (A. Laaroubi, 2007, cité par A. Bodian, 2011, p. 108). En effet, si le total annuel est important, la distribution mensuelle de cet apport permet de déterminer les apports de chaque mois au total annuel. Cette analyse s'appuie sur une approche statistique permettant de mettre en évidence le maximum, le minimum, la médiane (50 %), mais aussi la moyenne mensuelle, l'écart type, le coefficient de variation des pluies.

L'analyse des mois humides et secs permet de vérifier leurs variations et leurs contributions à la nouvelle donne pluviométrique afin de mieux comprendre le comportement hydro-pluviométrique du bassin versant.

Cette méthode a été appliqué par E.O. Ndiaye (2016, p. 109), C.K. N'da (2016, p. 45-47), A. Bodian (2011, p. 108)) dans leurs travaux respectifs.

2.3.3 EVOLUTION DU REGIME HYDROLOGIQUE DES COURS D'EAUX DU LE BASSIN VERSANT

Le régime hydrologique est la réponse d'un bassin versant aux facteurs physiques stables et aux aléas climatiques et aux facteurs anthropiques (C. Faye, 2013, p. 135, A.A. Sow, 2007 cité par C. Faye *et al.,* 2015, p. 5). L'étude de la variation inter-mensuelle du débit s'est faite à travers l'analyse des débits moyens mensuels et par l'analyse des coefficients mensuels de débits (CMD) ou coefficient de Pardé qui a été mis en évidence par M. Pardé (1933, 1968). Ces deux indicateurs permettent d'analyser le comportement hydrologique inter-mensuel et d'appréhender les périodes de crues et d'étiages. Relativement aux coefficients mensuels de débit, ils sont le rapport entre le débit moyen mensuel et le débit moyen annuel. Ils sont obtenus à partir de la formule suivante:

$$\mathrm{CMD} = \frac{\mathrm{Q}^{'}\ \mathrm{m}^3/\mathrm{s}}{\mathrm{Q}\ \mathrm{m}^3/\mathrm{s}}$$

Avec

Q' m^3/s =Débit moyen mensuel

Q m^3/s =Débit moyen annuel ou module annuel

Selon la classification de M. Pardé (1968, cité par C. Faye *et al.,* 2015, p. 5), les coefficients mensuels de débits (CMD) qui sont supérieur ou égaux à 1 déterminent la période de hautes eaux tandis que ceux qui sont inférieurs à 1 caractérisent les basses eaux. La variabilité interannuelle du débit se calque sur celle de la pluviométrie.

Cette approche a été mise en œuvre par différents travaux dont celui de O. Sene (1992, p. 84) et C. Faye *et al.* (2015, p. 5).

DETERMINATION DE LA PERIODE D'APPARITION DES CRUES ET DES INONDATIONS

La détermination des périodes d'apparitions des crues s'appuie sur les précipitions moyennes mensuelles et le débit moyen mensuelles. L'analyse de ces indicateurs statistique permet de mettre en exergue les périodes de hautes eaux qui correspondent d'ailleurs aux périodes de fortes pluvieuses au cours desquelles les cours d'eaux débordent. Au cours de ces périodes le ruissellement urbain est aussi important et constitue des moments propices à l'apparition des inondations.

2.3.4 DETERMINATION DES ZONES D'ALEA D'INONDATION

L'identification de l'aléa est la première phase de l'élaboration de la cartographie des risques (O.L. Lumbe et *al.,* 2015, p. 46) à travers les Systèmes d'informations géographiques (SIG).

Le modèle numérique de terrain, à partir du l'image STRM de chaque ville permet de faire ressortir la zone d'alea d'inondation, à partir des fonds de vallées, des zones basses des lits et des lits majeurs des cours d'eaux avec leurs zones d'expansions. A partir de ce modèle, les zones inondables de chaque ville sont mises en évidence.

3 RESULTATS

3.1 EVOLUTION INTERANNUELLE ET TENDANCE DES PRECIPITATIONS À L'INTERIEUR DU BASSIN

La figure 3 présente l'évolution interannuelle de précipitations enregistrées à différentes points d'extraction à l'intérieur du bassin sur la période 1982 à 2022. Il ressort de son analyse une tendance globale à la hausse des précipitations traduisant une intensification des épisodes pluvieuses dans ledit bassin mais particulièrement dans les zones urbaines. En effet, les épisodes pluvieux sont marqués dans cette région du pays avec une moyenne globale estimée à 1678,4 mm et un maximum moyen globale de 2256,4 mm. Il ressort également que les

précipitations sont reparties inégalement de manière spatio-temporelle et varient sur l'ensemble du territoire. Les courbes d'évolutions évoquées par la figure 3 ci-dessous mettent en évidence cette repartions.

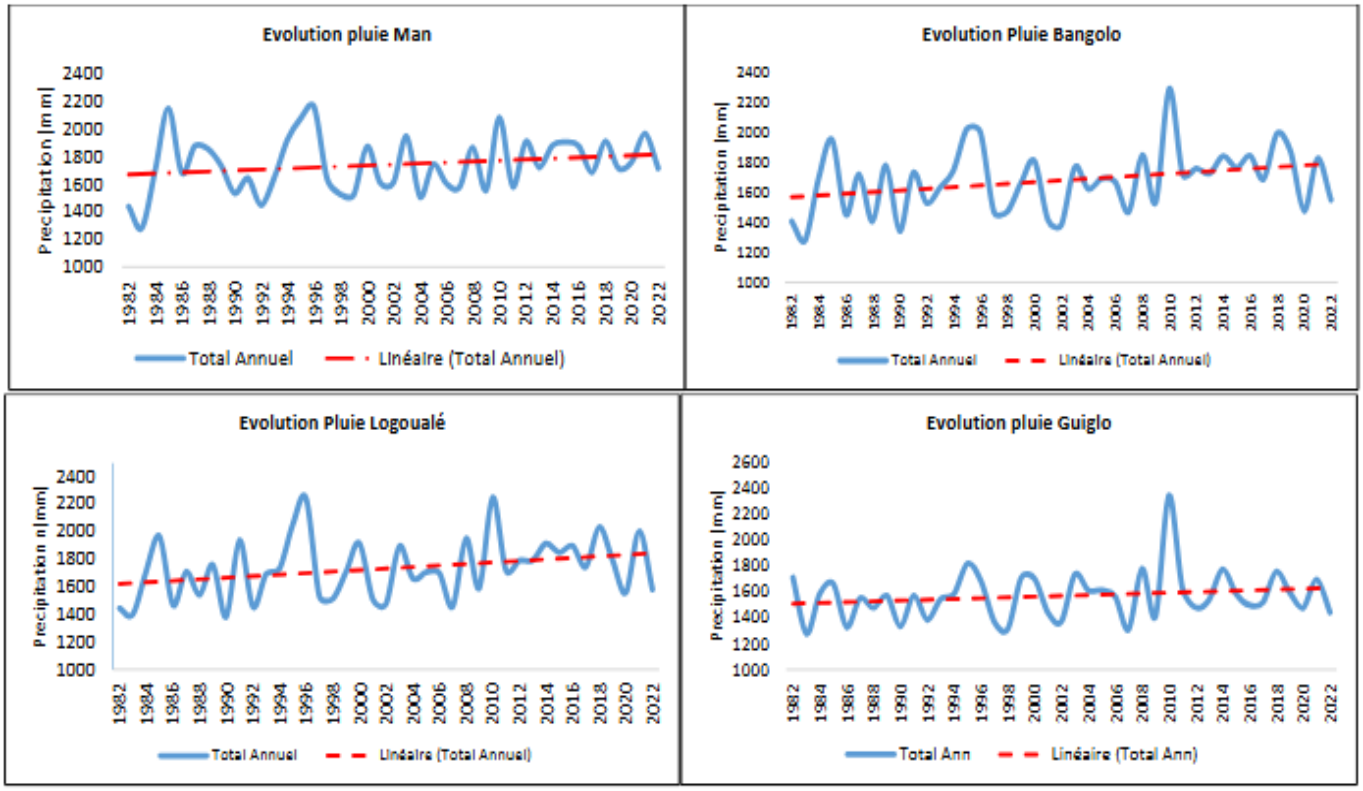


Fig. 3. Courbes d'évolutions interannuelles des pluies des stations du bassin du versant du N'zo de 1982 à 2022

De plus l'analyse de ces figures révèle que les précipitations sont abondantes dans les villes du bassin du N'zo. A Man, la moyenne interannuelle de la série est de 1739 mm, A Bangolo est de 1677 mm, à Guiglo 1567 mm et dans la station de Logoualé est estimé 1730 mm. Les années d'analyse montrent que les précipitions supérieure à la moyenne représentent 45% de la série de Man, 48,78% de Guiglo, 53,5% à Bangolo. Les précipitations sont donc majoritairement inférieures aux précipitations moyennes en dehors de Bangolo. Ce qui montre qu'une prédominance d'année moins bien arrosés que la moyenne. Il existe donc une irrégularité interannuelle des précipitions dans le bassin du N'zo. Cependant le bassin versant demeure dans l'ensemble bien arrosé malgré les disparités dans la répartition des quantités d'eau de pluie.

Cette forte pluviosité s'explique par les conditions climatiques particulières de la région influencée par la géomorphologie. Ces conditions sont évoquées dans des études antérieures Z. Koli Bi et Y. T. Brou (1996, p. 16) expliquent que le relief de la dorsale Guinéenne s'oppose à la pénétration du flux de mousson et provoque le soulèvement de la masse d'air humide favorisant ainsi cette forte pluviosité. Le milieu physique renforce donc la régularité et l'abondance des précipitations dans ces villes et dans cet hydrosystème.

En somme, bien que le régime pluviométrique du bassin versant du N'zo enregistre des fluctuations interannuelles, les tendances observées indiquent une augmentation de l'intensité des épisodes de pluie. Cette intensification des épisodes pluvieux qui est particulièrement marquée sur la dernière décennie, coïncide avec les crises d'inondations récentes qui ont affectés ces villes.

3.2 CARACTERISATION DE LA VARIATION SAISONNIERE ET MENSUELLE DES PLUIES

L'analyse des précipitations mensuelles moyennes de la période de 1982 à 2022, à travers la figure 4 ci-après, permet de définir le rythme saisonnier série temporelle dans le bassin versant du N'zo.

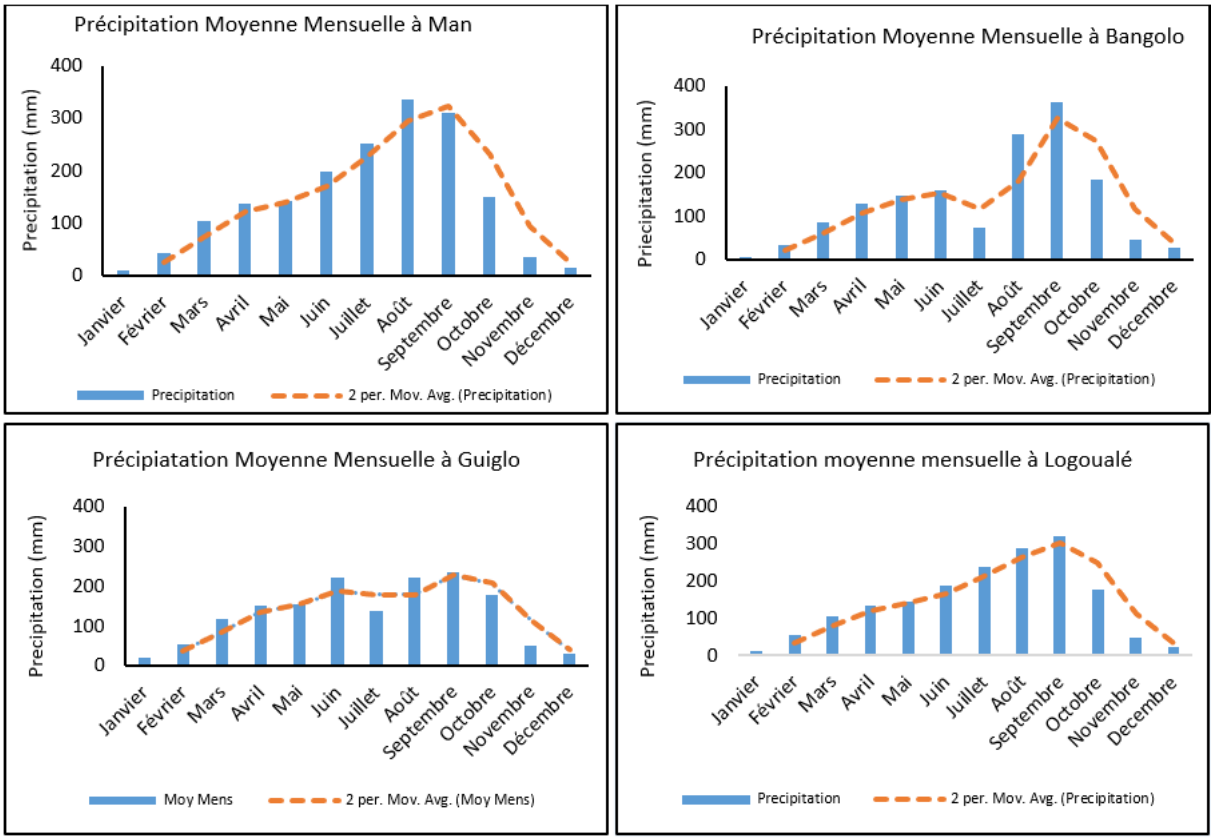


Fig. 4. Précipitations moyennes mensuelles des stations du bassin versant du N'zo de 1982 à 2022

L'évolution inter-saisonnière des données mensuelles de 1982 à 2022 révèle dans l'ensemble une régularité des précipitations caractérisées par une faible variabilité temporelle d'une station à une autre à l'échelle du bassin. C'est donc un régime unimodal bien marqué avec des saisons pluvieuses intenses. Les précipitations, bien que présentent tout au long de l'année, se concentrent de manière prépondérante d'Avril à Octobre. Cette période est marquée par une intensification progressive des pluies, atteignant un pic entre les mois de juin et octobre. Ainsi, ces cinq mois, se distinguent par une pluviosité régulière, intense et particulièrement élevée. A l'exception de la station de Man qui enregistre son maximum mensuel en Août, les autres stations enregistrent leur maximum mensuel en septembre. Ces deux mois sont les plus arrosés avec de très forte précipitation. Les moyennes mensuelles des précipitations varient selon les stations, atteignant 320 mm à Logoualé, 364 mm à Bangolo, 235 mm à Guiglo et 365 mm à Man. Le volume de précipitations durant ces pics mensuels sont significatifs attestant de l'intensité et de l'abondance des pluies dans cette partie du pays. Les précipitations mensuelles pluvieuses varient entre 129 mm et 365 mm, avec quelques épisodes pluvieux relativement faibles. Néanmoins, la saison des pluies se caractérise par des pluies fréquentes et abondantes, particulièrement marquées durant les mois d'août et septembre dans chaque station, soulignant l'importance de cette période dans le régime pluviométrique du bassin du N'zo.

L'analyse pluviométrique mensuelle démontre que le bassin versant bénéficie d'un régime pluviométrique généreux et régulier. La concentration des pluies sur une saison unique et intense, particulièrement entre Août et octobre, constitue la caractéristique climatique fondamentale majeure dans cette région. Dès lors, les périodes pluvieuses marquées par la régularité et l'abondance de précipitions, accentuées sur les cinq (5) mois pluvieux, font de ces mois des périodes sensibles à l'apparition des crues et des inondations. Cette susceptibilité d'apparition des crues et des inondations est remarquable au cours des mois d'Août et de septembre, périodes au cours desquels l'hydrosystème du N'zo est abondamment arrosé. Il constitue donc des périodes qui nécessitent un suivi régulier face à la régularité des crues et des inondations dans les villes de cette région.

3.3 CARACTERISTIQUES DU REGIME HYDROLOGIQUE ET DYNAMIQUE DES ÉCOULEMENTS DANS LE BASSIN VERSANT DU N'ZO

3.3.1 CARACTERISATION DU REGIME HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DU N'ZO

La figure 5 présente un ensemble de graphique relatif aux coefficients Mensuels de débit (CMD) de différents statuons hydrologiques du bassin versant du N'zo. Le CMD est utilisé pour identifier les périodes de basses et de hautes eaux selon la classification de Pardé. L'analyse du CMD de ces stations hydrométriques montre un calendrier hydrologique globalement identique lié au régime pluviométrique régional qui caractérise le bassin.

Toutes les stations montrent un régime marqué qui se traduit par une saison de basses eaux de janvier à juin et un retour à l'étage pour la plupart de ces stations à partir de novembre à l'exception de des stations de N'zo à Zoba et de N'zo à Guiglo dont l'étiage début en décembre Au cours de cette période les CMD sont inférieur à 1. Ces étiages annuels sont liés à la baisse de la pluviométrie, donc sont le résultat de l'influence de la saison sèche. Les valeurs de CMD les plus faibles sont enregistrés entre janvier et Avril mais connaissent une augmentation progressive a parti de mai avec la reprise progressive des précipitations. Le sous bassin de Koh avec le station de Man et de Logoualé révèle des CMD encore plus bas que les stations implanté sur le N'zo (Zoba, Kahin, Guiglo). Ce qui indique un milieu plus torrentiel, typiques des zones montagneuses de l'ouest du pays.

Les périodes de hautes eaux sont concentrées sur quatre mois correspondant à la période de juillet à Octobre de façon général mais s'étend particulièrement à novembre pour les stations de Zoba et Guiglo. Les seuils critiquent supérieurs à 2 sont observés dans la plupart des stations aux cours entre Aout et Octobre, période au cours de laquelle les crues son abondantes. Les pics absolus ou maximaux sont enregistrés aux cours du mois de septembre avec des CMD oscillants entre 2,94 pour la station de de Guiglo à 3, 79 pour la station de Kahin. Ces CMD sont près de 4 fois supérieures à la moyenne. Il ressort donc que le trimestre Aout-septembre-octobre constituent une période de surcharge du lit mineur entrant des débordements fluviaux à la base des inondations. Cette période de crue majeure résulte de pluies intenses, d'une saturation des sols et d'une forte contrition des affluents favorisent ainsi le débordement des cours d'eaux. Les résultats montrent un régime très saisonnier avec des crues maximales en Aout et septembre traduisant une forte probabilité d'inondation dans les lits moyen et majeur de ces cours d'eaux. Cet hydrosystème est aussi marqué par une forte dominance des saisons des pluies influençant le comportement hydrologique des cours d'eaux tel que mesuré par les CMD. Ainsi, le mois d'Aout à Octobre sont associés à des risques d'inondations accrues en raison de CMD élevés.

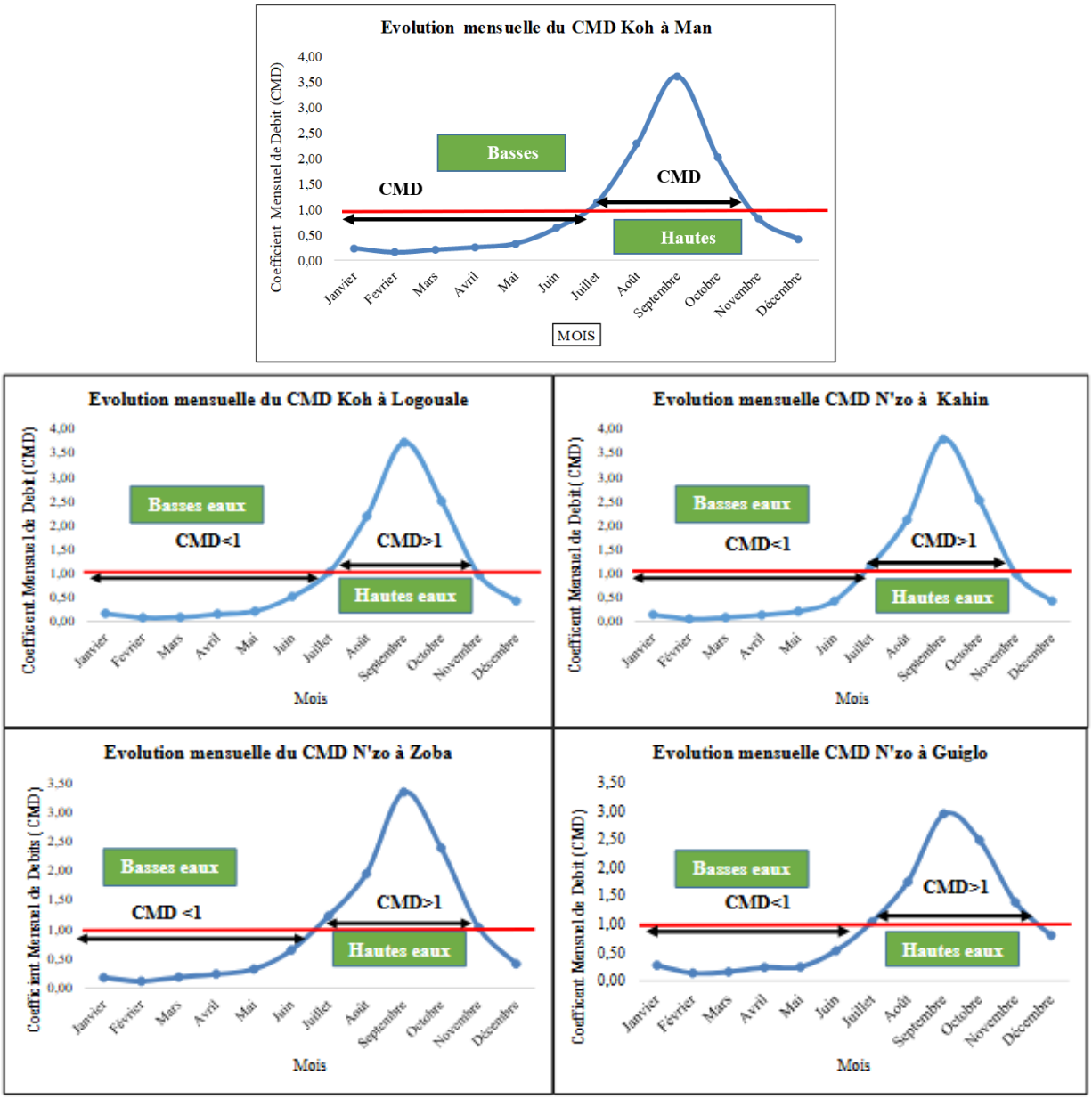


Fig. 5. Coefficient Mensuel de Débits du bassin versant du N'zo de 1982 à 2022

3.3.2 CARACTERISTIQUES STATISTIQUES DU CYCLE HYDROLOGIQUE ET DYNAMIQUE DES ÉCOULEMENTS DANS LE BASSIN VERSANT DU N'ZO

Le cycle hydrologique dans le bassin du N'zo présente une forte variabilité interannuelle et saisonnière. Les statistiques descriptives issues de cinq stations hydrométriques permettent de mieux comprendre la dynamique des écoulements d'eau, les périodes de crues et d'étiages, ainsi que leurs implications dans l'avènement des crues et des inondations.

Tableau 1. Statistiques hydrologiques u bassin versant du N'zo

Indicateurs	Koh à Man	Koh à Logoualé	N'Zo à Zoba	N'zo à Kahin	N'zo à Guiglo
Moyenne annuelle	3,21	14,19	16,05	62,43	70,58
Débit minimum mensuel	0,47	1,06	1,8	3,02	9,82
Débit maximum mensuel	11,59	52,75	53,5	236,44	207,77
Écart-type	3,49	16,76	16,73	74,98	67,43
Médiane	1,65	6,62	8,47	26,29	47,12
Coefficient de variation (%)	108,71	118,11	104,3	120,10	95,53

Source: Traitement de données

La moyenne annuelle des débits varie d'une station à une autre et est en rapport avec la superficie de l'espace drainé mesuré par chaque station. Elle varie entre 3,21 m3/s mesuré à la station de Koh à Man, à 70, 58 m3/s mesuré à la station de Nzo à Guiglo. Ces valeurs indiquent que les variations des débits constatés sont intimement liées à la quantité d'eau qui s'écoule au point de collecte. Cette variation ne reflet donc pas une variabilité pluviométrique majeure aussi du bassin. Dans l'ensemble le bassin bénéficie d'un régime pluviométrique abondant qui conditionne le fonctionnement hydrologique.

L'analyse statistique inter-mensuelle révèle que les débits maximums sont importants aux stations de N'zo à Kahin et de N'zo à Guiglo, puis de N'zo à Zoba. Les pics mensuels élevés à ces stations s'expliquent par le fait que ces stations mesures des sonnées hydro sur l'affluent principal bi bassin versant qu'est le N'zo. Ces pics observés à toutes les stations mettent en évidence le rôle crucial de la saison des pluies dans le renouvellement et le remplissage des cours d'eaux, constituant ainsi le sommet du cycle hydrologique. En outre, dans toutes ces stations, l'écart-type est élevé par rapport à la moyenne. Ce qui indique que le les zones urbaines du bassin du N'zo revoient des volumes d'eau dépassant la normale, facteur donc de genèse de crue et d'inondation.

Par ailleurs, avec des valeurs supérieures à 100% dans presque toutes les stations, le coefficient de variation confirme la forte irrégularité du régime hydrologique. Cela reflète une alternance marquée entre la période d'étiage et de hautes eaux dans le cycle hydrologique annuel au sein du bassin versant.

Ainsi, les statistiques descriptives hydrologiques révèlent un cycle hydrologique typique au climat tropical à deux saisons contrastées. Les mois de juillet à octobre constituent les mois de recharge intense du système hydrologique tandis que les mois de janvier à mars représentent la phase d'étiages. La période des hautes eaux constitue donc des périodes potentielles d'expositions des populations aux inondations.

3.3.3 RYTHME SAISONNIER DES CRUES ET DES INONDATIONS DANS LES ZONES URBAINES DU BASSIN VERSANT

L'analyse des moments d'occurrence des crues et des inondations du bassin du N'zo a permis de constater que celles-ci sont observés globalement au cours de la saison des hautes eaux entre juillet et octobre. Au cours de cette période, il est a noté une pluviosité importante qui a pour corollaire l'augmentation des débits des cours d'eaux et un ruissellement important en milieu urbain. Ainsi, l'importance des précipitions favorise l'augmentation des débits des cours d'eaux dont les débits fluviaux maximaux sont mesurés en septembre, mois qui enregistre un pic pluviométrique. La figure 6 ci-dessous montre les périodes d'appariations des crues (Août, septembre, octobre). Par ailleurs, au cours de cette période sont observés des inondations pluviales liées au ruissellement urbain. Ainsi, au cours de cette période, les inondations fluviales et pluviales sont enregistrés de façons simultanées au regard de réalité physique liées surtout à la topographie et l'abondance pluviométrique.

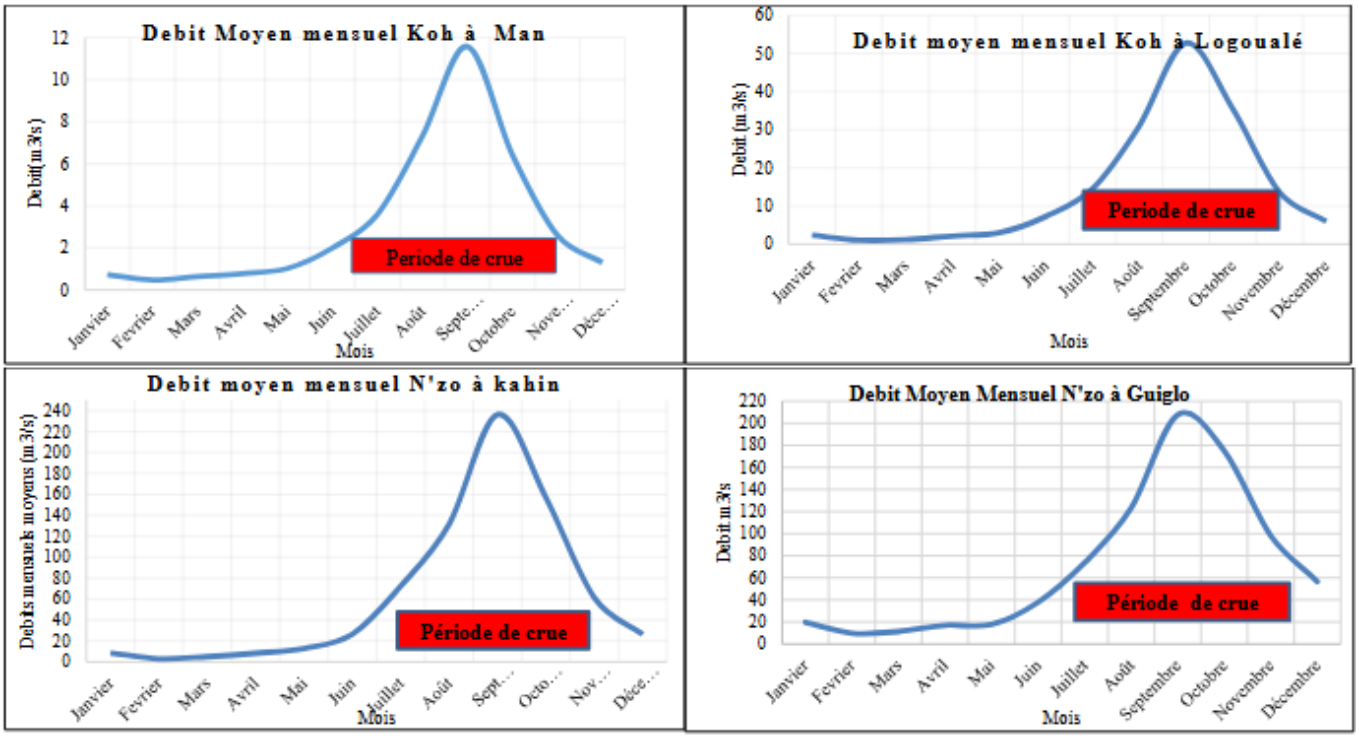


Fig. 6. Période d'apparitions des crues et inondations ans le bassin versant du N'zo

Les drains des cours d'eaux principaux de de cet hydrosystème, reçoivent les eaux de la portion supérieure du bassin totalisant des débits exceptionnels au cours des périodes de hautes eaux. Ainsi, les débits leur maximum en septembre. Les crues sont donc homogènes à l'intérieur du bassin versant du N'zo. Cependant, la valeur des débits varie d'une station à une autre selon l'importance de l'écoulement. Par conséquent au niveau de la station de Koh à Man, les débits moyen maximums sont estimé à 12 m^3 /s au mois de septembre; celui de Koh à Logoualé 52m^3/s. La faiblesse relative des débits enregistrés au niveau de ces deux stations sont en lien avec le type de ressource en eaux. En effet, la rivière Koh est un affluent du Nzo et donc est moins drainé par rapport au cours principal qu'est le N'zo. Nonobstant, en période pluvieuse le Koh et les rivières connexes subissent des débordements pour envahir les zones occupées par les populations.

A l'opposé, les stations hydrométriques installées sur le fleuve N'zo enregistre des débits plus importantes par rapport à ceux installée sur le Koh. Mais, il y a une convergence entre l'ensemble de ces stations sur la période des hautes eaux. Des lors, ces deux stations enregistrent leur maximum également en septembre. Celle du N'zo à Kahin enregistre un pic de 240 m^3/s tandis que celui de N'zo à Guiglo enregistre un pic de 218 m^3/s. Ces crues sont donc engendrées par une saison des pluies intense et régulière et résulte toujours, soit d'une succession de pluies de valeurs normales, soit d'une précipitation exceptionnelle en deux ou trois jours consécutifs. Lorsqu'elle a une ampleur importante, elle inonde de grandes étendues.

L'analyse des débits moyens mensuels permet d'appréhender le rythme saisonnier des crues. Elles apparaissent donc entre juillet et octobre avec une accentuation au cours des mois d'Aout et de septembre. Ces deux derniers mois constituent à l'évidence des périodes de fortes sensibilités au débordement fluvial, donc à l'inondation. Des lors, l'apparition du phénomène d'inondations au cours de ces deux mois est donc évidente, nécessitant une vigilance des populations. La périodicité des crues et des inondations, est en conséquence annuelle et est le résultat de saisons de pluies régulières et intenses, en raison de la particularité de climat de cette région du pays.

3.4 SPATIALISATION DES ZONES D'INONDATION DANS LES TERRITOIRES URBAINS AFFECTES

3.4.1 ANALYSE SPATIALE DES ZONES D'INONDATIONS À MAN

La ville de Man enregistre un important espace sujet aux inondations. Ces secteurs correspondent pour la plus plupart à des bas-fonds situés le long des cours d'eaux (Koh, Drou…) et rivières. A ces zones sont aussi associés les sites marécageux qui subissent le débordement fluvial et le ruissellement urbain (figure 7).

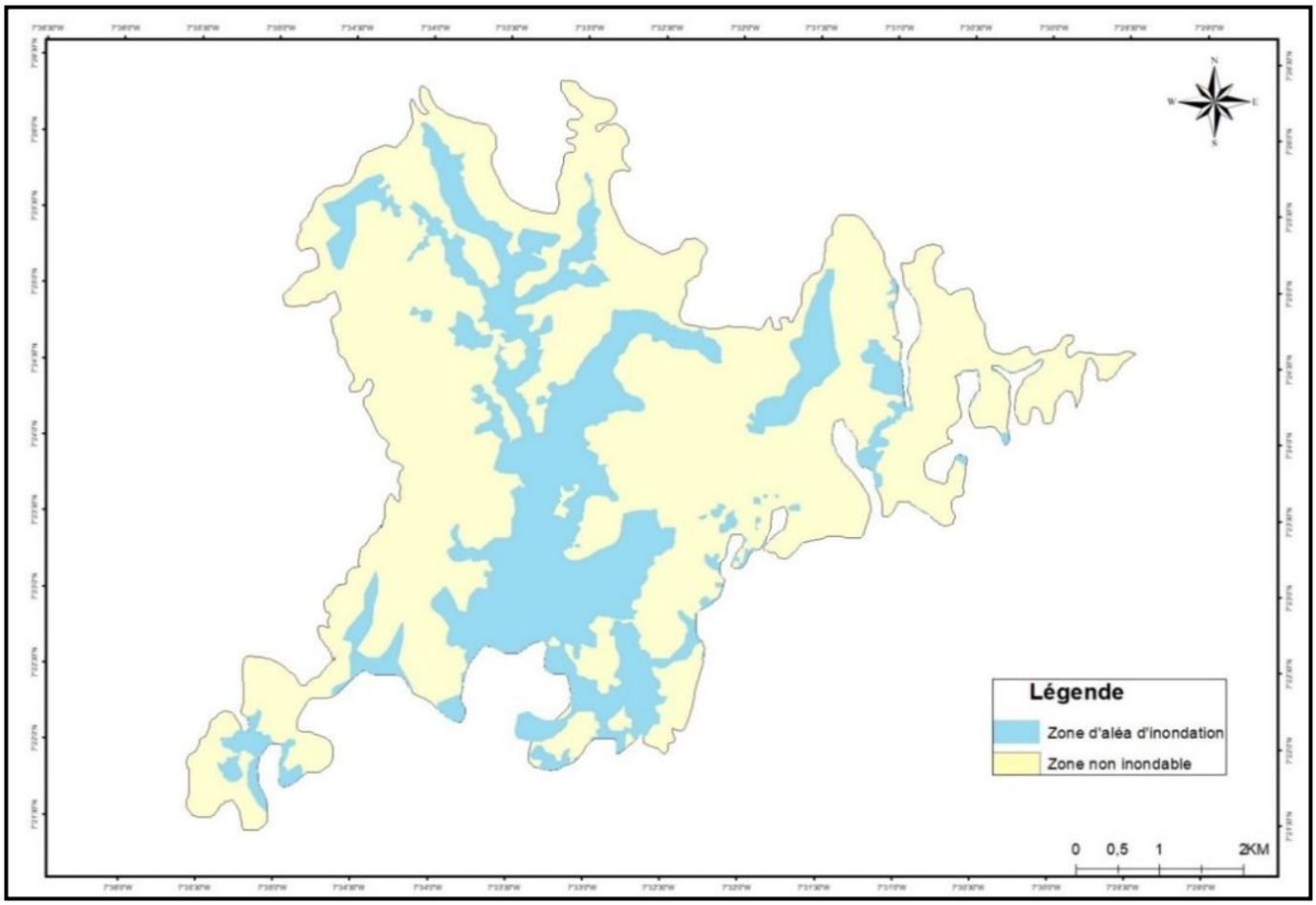


Fig. 7. Carte des zones d'aléa d'inondation dans la ville de Man

Les zones d'aléas d'inondations correspondent donc à la zone d'influence des cours d'eau et des zones marécageuses situés les longs d'eaux et des rivières. Les espaces inondables sont importantes dans ces villes au regard de la topographie qui y est prédisposés. Ils représentent 28,67% de l'espace urbains de la ville, soit 1142,84 ha. La proportion des zones inondables à Man est importante et résulte de la configuration géomorphologique particulière de la ville. En effet, la ville est entourée de massifs montagneux et de plateaux confèrent au territoire urbain un relief accidenté. Ainsi, les pentes accentuées favorisent l'écoulement rapide des eaux vers les bas-fonds et aux vallées riveraines des cours d'eaux. Ces ruissellements urbains favorisent la recharge des cours d'eaux qui débordent et l'accumulation des eaux dans les zones marécageuses, faisant de ces sites des zones inondables.

Ces sites de Man sont donc naturellement soumis aux aléas inondations, qui sont d'ailleurs fonctions des débordements des cours d'eaux et rivières qui traversent la ville et en partie du ruissèlement pluvial. Ce qui favorise une concentration et une expansion des eaux dans les fonds de vallées ou dépressions parfois larges. Ainsi, la présence des enjeux humains à savoir la population, les bâtis, les activités économiques sur ces sites exposent les populations et leur bien aux risques d'inondations.

3.4.2 LES ZONES D'ALEA INONDATION À BANGOLO

La ville de Bangolo n'échappe pas aux aléas d'inondations surtout au débordement fluvial. Sa spatialisation est présentée par la figure 8 ci-dessous. L'analyse de la figure révèle une configuration territoriale qui s'articule autour des zones inondables et des zones non inondables (zones sécurisées). Bangolo présente une superficie de 1112,97 ha. 705,25 ha soit 63,37% représentant 2/3 du territoire de la ville sont peu exposé à l'aléa inondation. Ces espaces sont donc plus propices à l'installation humaine. Par contre, 407,72 ha soit 36,63 % constituent des zones inondables. Elles occupent donc une proportion importante, représentant plus d'un tiers du territoire urbain. Cette exposition à l'aléa inondation s'explique par la configuration géomorphologique de cette zone urbaine caractérisée par la présence de zone marécageuse (bas-fonds) et des rivières (rivière Lebaho et Doh Sahein).

La proximité des cours d'eaux constitue un facteur déterminant dans la dynamique de l'aléa inondation. En période de forte pluie, les crues entrainent un débordement naturel des eaux vers les zones de dépression, les zones marécageuses et les zones basses entrainant par conséquent leur submersion. Lors des épisodes de crues, le débordement s'étend naturellement vers les zones bases et les zones

marécageuses. Ainsi, les zones d'aléas d'inondations à Bangolo sont étendues autour de ces cours d'eaux et dans ces bas-fonds qui sont envahies par les eaux débordantes et ruisselantes. L'aléa inondation dans cette zone urbaine est essentiellement fluvial mais exacerbé par le ruissellement urbain. En conséquence, il affecte globalement les quartiers et les espaces anthropisés qui sont implantés dans le lit moyen et majeur de ces cours d'eaux.

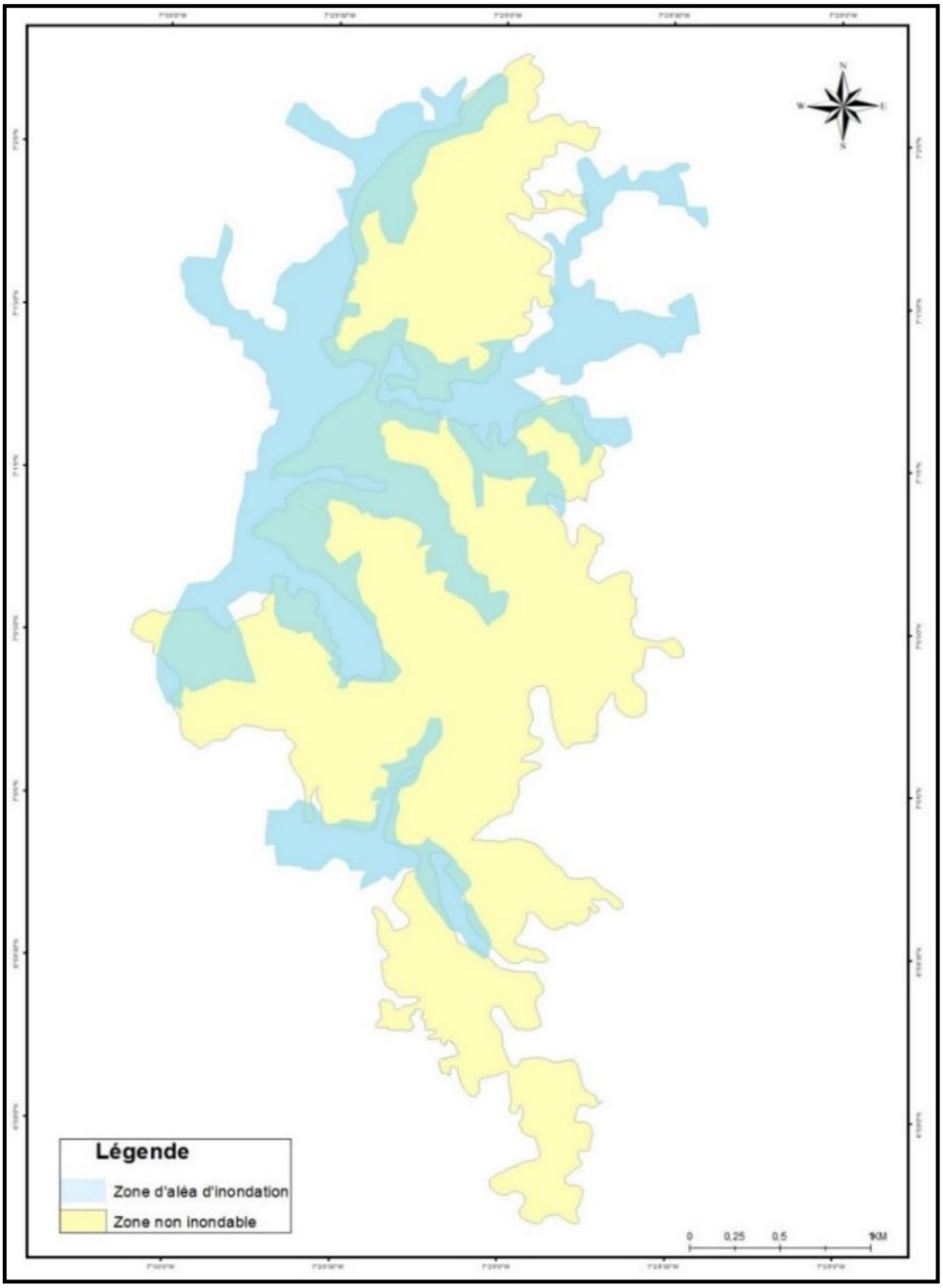


Fig. 8. Zones d'aléas d'inondation dans la ville de Bangolo

3.4.3 LES ZONES D'ALEAS D'INONDATIONS À GUIGLO

L'analyse des évènements d'inondations survenues dans la ville de Guiglo permet de spatialiser les zones affectées régulièrement par les crues et les inondations, comme l'indique la figure 9. Les secteurs les plus exposés sont ceux qui se trouvent dans les plaines inondables des cours d'eau du N'zo et de son affluent le Nicla. La géographie des sites inondables montre que ces zones se sont développées pour la plupart sans planification adéquate au détriment des règles en matière d'occupation de l'espace urbain. C'est l'aléa inondation fluvial qui y est régulier. Les zones affectées par les aléas inondations dans la ville de Guiglo sont exposés dans la figure ci-dessous.

La ville de Guiglo est géographiquement entourée par les cours d'eaux et enregistre un important espace marécageux. Son espace urbain est donc naturellement exposé à l'aléa inondation en période pluvieuses. L'occupation de ces sites par les populations, qui y construisent et développent des activités agricoles expose ces enjeux aux risques d'inondations. Cette exposition aux risques d'inondations s'explique donc par la position géographique de la ville au sein d'un réseau hydrographique dense, tributaire du fleuve N'zo. Lors des épisodes pluviométriques, ces cours d'eaux subissent un débordement pour envahir les zones basses, de plus en plus urbanisées et où des activités rizicoles s'y déroulent. Ainsi, 1020,82 ha, soit 49,88% de l'espace urbain de Guiglo est classé en zone inondable. Toutefois, 50,12% du territoire urbain est situé en zone non inondable, représentant 1025,82 ha.

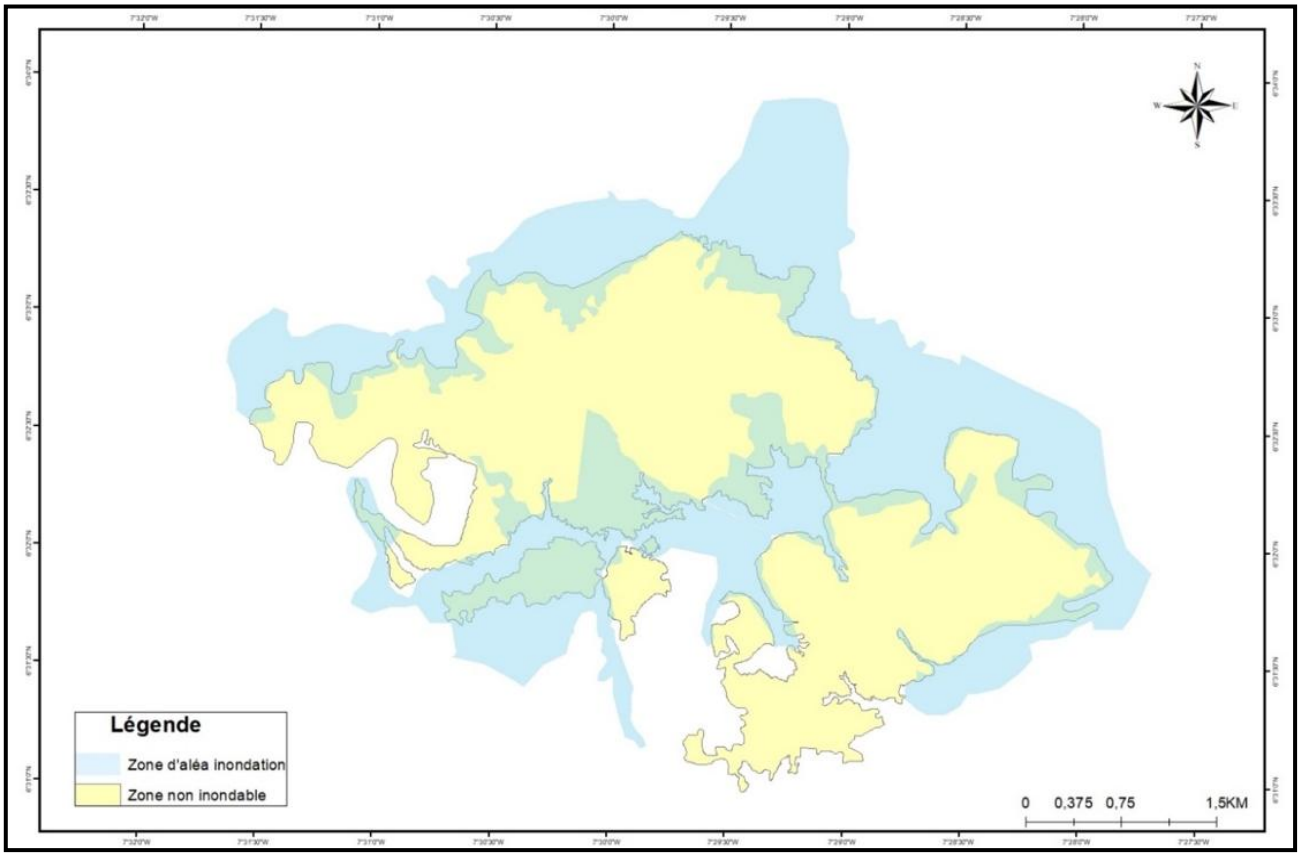


Fig. 9. Zones d'aléas inondation dans la ville de Guiglo

4 DISCUSSIONS

L'étude révèle que le contexte climatique est caractérisé par une forte pluviosité marquée par une régularité. Les caractéristiques pluviométriques mises en évidence traduisent l'intensification des épisodes pluvieux, leurs régularités et leurs occurrences de plus en plus extrêmes. Ainsi, les pluies constituent le facteur déclencheurs de l'aléa crues et inondations dans le bassin versant du N'zo, singulièrement dans les zones urbaines de cet hydrosystème.

Cette abondance pluviométrique favorise la recharge des cours d'eaux dont le débordement dans les espaces urbains favorise les inondations des enjeux implantés dans leurs zones d'expansions. Ces zones d'expansion sont proches des rives de ces cours d'eaux au relief relativement plat ainsi que des zones marécageuses, qui sont aussi influencée après le ruissellement urbain.

Les épisodes pluvieux sont mis en avant dans différents travaux comme étant l'élément déclencheur des phénomènes d'inondations. En effet, l'aléa inondation découle de la pluviométrie, dont l'intensification provoque des crues et des inondations. Les travaux de O. Cisse et *al* (2019, p.104) indiquent qu'à Dakar, les inondations se sont accentuées à partir de 2005 sont le reflet de l'augmentation de la pluviométrie annuelle et une récurrence des saisons pluvieuses à partir de cette date. Cette étude corrobore donc l'analyse selon laquelle l'augmentation et l'intensification de la pluviométrie sont des facteurs de genèses de crues

Les inondations dans les zones urbaines du bassin du N'zo sont donc à la fois fluviales et pluviales, marquées par une forte incidence des évènements hydro-pluviométriques. Elles sont dues à la fois liées aux facteurs naturels notamment la pluviométrique, l'hydrologie ainsi que par les facteurs humains à travers l'occupation de l'espaces, l'urbanisation mal maitrisé. O. Dembélé et I. Ouattara (2019, p.274) évoque dans ce sens que les inondations à Bamako sont dues à la fois à l'occupation des zones inondables par les populations et par une perturbation

des régimes des cours d'eau et des régimes pluviométriques, provoqués par la variabilité du climat. Cette étude à Bamako révèle les préoccupations qui sont rencontrés dans les villes africaines surtout celles l'Afrique de l'ouest qui sont confrontés relativement aux mêmes facteurs d'occurrences des crues et des inondations. Ces analyses sont évoquées dans différentes études dont celles de M. Tchindjang et *al* (2019, p.26).

5 CONCLUSION

Ce travail de recherche aborde une problématique qui est de plus en plus préoccupante dans les villes secondaires de la Côte d'Ivoire; à l'instar de la mégalopole Abidjanaise. Il a permis de comprendre le contexte hydro-pluviométrique dans lequel s'inscrit la dynamique des inondations qui affectent les villes de Man, Bangolo et Guiglo.

L'élément déclencheur de ces phénomènes d'inondations est la précipitation. La pluie, source d'espoir, constitue pour ces zones urbaines un facteur de vulnérabilité au regard de l'importance des espaces qui y sont exposés.

Ainsi, l'avènement de la saison d'hivernage est donc souvent vécu par les populations habitant les zones à risques d'inondations avec beaucoup d'angoisse et d'inquiétude. La pluie, au-delà de son caractère naturel, est amplifiée par les actions des populations qui se traduisent par l'occupation anarchique des espaces urbains. Des sites, qui vraisemblablement ne présentent aucun danger en période de sécheresse pour une catégorie de citadins, sont en fait des sites prédisposés au risque d'inondations. La sécurité de ces sites est mise alors en cause dès l'amorce des périodes pluvieuses, dont la régularité rend vulnérable les populations qui y sont installées. Par conséquent, les inondations sèment la désolation au sein d'une population dont la majorité a une condition sociale modeste.

La spatialisation des zones d'aléas inondations confirme l'exposition de ces zones urbaines à ce risque hydro-pluviométrique. Face à la récurrence de ce phénomène et la vulnérabilité des exposés, il est fondamental pour les gestionnaires de ces villes d'intégrer les paramètres hydro-pluviométriques dans schémas de planification urbaine. Une telle approche est indispensable pour réguler l'occupation de l'espace urbain et garantir, à terme, la protection et la résilience des populations.

REFERENCES

[1] A. A. Sow, Variabilité climatique et risques hydrologiques au Sahel, Thèse de doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 287 p., 2007.

[2] A. Kangah et K. A. Coulibaly, Application de la géomatique et de l'analyse multicritère à la cartographie du risque d'inondation dans la ville d'Agboville. ESI Preprints. https://doi.org/10.19044/esipreprint.6.2024.p562, 2024.

[3] A. Laaroubi, Modélisation hydrologique et gestion des ressources en eau dans les bassins versants africains, Mémoire de Master, Université de Fès, 2007.

[4] A. BODIAN, Approche par la modélisation pluie-débit de la connaissance régionale des ressources en eau: Application au haut bassin du fleuve Sénégal. Thèse de doctorat unique, Département de Géographie, UCAD, 287 p, 2011.

[5] C. Faye, Hydrologie et risques hydrologiques en Afrique de l'Ouest, Dakar: Presses Universitaires de Dakar, 256 p., 2013.

[6] C.Faye, S.D. El Hadji et I. Mbaye, Impacts des changements de climat et des aménagements sur les ressources en eau du fleuve Sénégal: caractérisation et évolution des régimes hydrologiques de sous-bassins versants naturels et aménagés, Belgeo [En ligne], 4 | 2015, mis en ligne le 30 décembre 2015, consulté le 10 décembre 2020.
URL: http://journals.openedition.org/belgeo/17626; DOI: https://doi.org/10.4000/belgeo.17626.

[7] C. Oumar et M. Seye, Vulnérabilité et stratégies d'adaptation des ménages et communautés face aux inondations: cas de Yeumbeul Nord à Dakar, In: Les inondations au Sénégal, Paris: Éditions Karthala, pp.97-135, 2019.

[8] H. J. Amon Ossein, A. P. Dibi-Anoh, et K. C. N'da, « Exploitation de données CHIRPS et Terraclimate pour l'étude des pluies urbaines sur le district autonome d'Abidjan (Côte d'Ivoire)«, Editions Francophones Universitaires d'Afrique, pp. 32-61, 2023.

[9] KOLI BI Zuéli., BROU Yao Télesphore, 1996: Le climat de l'ouest de la Cote d'Ivoire, in Atlas de l'Ouest de la Cote d'Ivoire, pp. 16-21.

[10] K. Sène, Hydrologie et aménagement des bassins versants, Dakar: ORSTOM, p. 84, 1992.

[11] K. A. Coulibaly, K. C. N'Da, D.Sylla et P.A. Dibi-Anoh, B. T. A. Goula, Persistance des Séquences Pluvieuses et Risques d'Inondations de 1971 à 2022 en Côte d'Ivoire, ESI Preprints (European Scientific Journal, ESJ): Vol. 20 No. 9 (2024): ESJ Natural/Life/Medical Sciences.

[12] M. Pardé, Fleuves et rivières, Paris: Armand Colin, 312 p., 1968.

[13] M. Tchindjang., F.P Mbevo., A. Bopd, *Une Afrique Atlantique avec des villes sous l'eau ! Construire des villes côtières sans inondations*?, construire la ville portuaire de demain en Afrique atlantique, Edition emc, 30 P, 2019.

[14] O.Cissé et M.Sèye, Vulnérabilité et stratégies d'adaptation des ménages et des communautés de Yeumbeul Nord, in Les inondations à Dakar (Sénégal): gestion des risques et adaptations locales. Paris Karthala, pp. 97 à 134, 2025.

[15] O. DEMBELE et I. OUATTARA, Contribution du SIG à la Prévention et à la Gestion des Risques d'inondation dans le District de Bamako au Mali, European Scientific Journal October 2019 édition Vol.15, No.30 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.
Doi: 10.19044/esj.2019.v15n30 p.256, 2019.

[16] O. L. Leumbe, D. Bitom, L. Mamdem, D. Tiki et A. Ibrahim, « Cartographie des zones à risques d'inondation en zone soudano-sahélienne: cas de Maga et ses environs dans la région de l'extrême-nord Cameroun », Afrique SCIENCE, vol. 11, n° 3, pp. 45–61, 2015.

[17] Z. Nouaceur, Changements climatiques et extrêmes hydroclimatiques en Afrique, Paris: L'Harmattan, pp. 89–109, 2020.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 1020-1028
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Effet des attitudes des enseignants sur le rendement de leurs écoliers en mathématiques

[The effect of teachers' attitudes on their students' performance in mathematics]

Bela Legono[1], Kimbuani Mabella[2], Mukiekie Tshite[3], and Kamba Eyanganunga[4]

[1] Doctorant en Pédagogie, Université de Kisangani, RD Congo

[2]Professeur Ordinaire en Psychologie, UNIKIS, RD Congo

[3]Professeur Ordinaire en Sciences de l'Education, UNIKIS, RD Congo

[4]Professeur Ordinaire en Sciences de l'Education, UNIKIS, RD Congo

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

ABSTRACT: This study examines the relationship between teachers' perceived attitudes and the mathematics performance of Grade 6 students in schools in the city of Bunia, Democratic Republic of the Congo, for the 2023–2024 academic school year. Using a correlational approach, it analyses data collected from pupils regarding their perceptions of their teachers' behaviours and reactions, as well as their mathematics results. The correlations show that positive teacher attitudes (warmth, support, active listening, efforts to help, and rephrasing the question in the event of an error) are associated with slightly higher performance in mathematics, whilst negative or disparaging attitudes (getting angry, maintaining a heavy silence, expressing disappointment) are negatively correlated with performance. These results suggest that, in a context of significant educational disadvantage, the quality of teacher-student interactions and the emotional handling of errors constitute measurable pedagogical factors influencing learners' mathematical performance, beyond the structural constraints linked to class size and resources.

KEYWORDS: teachers' attitudes, academic achievement, mathematics, the Pygmalion effect, classroom atmosphere, DRC.

RESUME: Cette étude examine la relation entre les attitudes perçues des enseignants et le rendement en mathématiques des élèves de 6e année primaire dans les écoles de la ville de Bunia, République démocratique du Congo, pour l'année scolaire 2023-2024. En s'appuyant sur une approche de type corrélative, elle analyse les données recueillies auprès des écoliers concernant leurs perceptions des comportements et des réactions de leurs institutrices et institutrices, ainsi que leurs résultats obtenus en mathématiques. Les corrélations montrent que les attitudes positives des enseignants (chaleur relationnelle, soutien, écoute, effort d'aide et reformulation de la question en cas d'erreur) sont associées à un rendement légèrement supérieur en mathématiques, tandis que les attitudes négatives ou dévalorisantes (se fâcher, garder un silence lourd, exprimer sa déception) sont corrélées négativement avec le rendement. Ces résultats suggèrent que, dans un contexte de forte précarité scolaire, la qualité des interactions enseignant-élève et le traitement affectif de l'erreur constituent des facteurs pédagogiques mesurables influençant la performance mathématique des apprenants, au-delà des contraintes structurelles liées à l'effectif de classe et aux ressources.

MOTS-CLEFS: attitudes enseignantes, rendement scolaire, mathématiques, effet Pygmalion, climat de classe, RDC.

Corresponding Author: Bela Legono

1 INTRODUCTION

La littérature sur les attitudes des enseignants envers leurs élèves s'accorde à souligner leur potentiel d'influence sur la motivation, l'estime de soi et la performance scolaire des apprenants, notamment en lecture et en mathématiques (Brophy, 1983; Jussim & Eccles, 1992). Une importante tradition de recherche met en lumière le rôle des attentes enseignantes dans la production d'effets de type Pygmalion, selon lesquels des attentes précoces, souvent rigides, façonnent les interactions pédagogiques et, au fil du temps, les trajectoires scolaires des élèves (Jussim, 1989; Jussim et al., 1998). Des travaux récents indiquent en outre que les enseignants débutants, en difficulté pour distinguer les profils réels de leurs élèves, seraient plus susceptibles de générer de tels effets, tandis que l'expertise professionnelle contribuerait à les atténuer (Jussim et al., 1998; Costa, 2015).

Parallèlement, plusieurs études s'intéressent aux attitudes des enseignants envers les mathématiques, discipline qui occupe une place centrale dans le curriculum primaire congolais. Des recherches internationales montrent que les maîtres primaires affichent souvent des attitudes neutres ou négatives face aux mathématiques, ce qui se traduit par des pratiques d'enseignement plutôt traditionnelles, centrées sur l'application de règles et de formules plutôt que sur la compréhension des concepts et la résolution de problèmes (Bush, 1989; Gellert, 2000; Mason, Stephens & Watson, 2009). Le National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) souligne que ces attitudes peuvent être transférées aux élèves, influençant leurs propres représentations et leurs performances dans la discipline (Aiken, 1970; McMillan, 1976; Phillips, 1973).

Dans le contexte de la République démocratique du Congo, et plus particulièrement dans la ville de Bunia, ces questionnements constituent un enjeu de première importance. Les mathématiques y bénéficient d'une forte valorisation institutionnelle, avec un volume horaire hebdomadaire important (5 heures) et un rôle central dans la formation intellectuelle des enfants (Kamba, 2011; Nathan, 1976). Toutefois, plusieurs travaux récents sur les écoles primaires de la région orientale montrent que cette discipline demeure une source majeure d'échec scolaire, les élèves éprouvant des difficultés persistantes dans l'acquisition d'automatismes arithmétiques et dans la résolution de problèmes (Bela et al., 2017; Ekwa, 2004; Kamba, 2011; Mokonzi, 2009).

Ce décalage entre la place symbolique accordée aux mathématiques et les résultats obtenus s'inscrit dans un contexte plus large de dégradation des conditions d'enseignement. Depuis l'effondrement partiel du financement public de l'éducation dans les années 1990, et dans la foulée de la mise en place de la gratuité de l'enseignement primaire, les écoles de la RDC, y compris celles de Bunia, font face à l'effet-classe exacerbé: classes surchargées, difficulté à maintenir la discipline, baisse de la qualité pédagogique et démotivation croissante des enseignants (Kandolo, 2007; Mokonzi, 2012). Dans ce cadre, certaines pratiques relationnelles se durcissent, avec des enseignants fragilisés qui déchargent parfois leur colère sur les élèves faibles, les injuriant ou les dénigrant, ce qui renforce le décrochage et la perte de confiance en soi de ces apprenants.

Plusieurs auteurs ont proposé des typologies des attitudes affectives de l'enseignant envers l'élève, dont les quatre catégories d'attachement, préoccupation, indifférence et rejet (Jackson, Silberman & Wolfson, 1969). Ces dimensions traduisent la qualité des interactions maître-élève et sont étroitement liées aux schémas de renforcement des comportements, à l'attribution de mérite et plus largement au climat de classe (Brophy & Evertson, 1981; Staats, 1986). Dans une perspective plus large, Walberg et Anderson (1987) montrent que trois dimensions (l'affect, le travail et l'organisation) structurent le climat de classe et sont systématiquement associées aux apprentissages des élèves. Dans les écoles congolaises, notamment à Bunia, ces dimensions sont toutefois fragilisées par les contraintes matérielles, les grands effectifs et la précarité des conditions de travail des enseignants (Potvin & Rousseau, 1994; études récentes sur l'effet-classe en 6e année primaire, Bela & al., 2017).

C'est dans cette perspective que la présente recherche s'inscrit dans le champ de la Mesure et évaluation en éducation: elle vise à examiner dans quelle mesure les attitudes des enseignants de 6e année primaire de Bunia influencent le rendement scolaire de leurs élèves en mathématiques pour l'année scolaire 2023-2024. En s'appuyant sur les travaux consacrés aux attentes enseignantes, à l'effet-classe et au climat scolaire (Brophy, 1983; Costa, 2015; Jussim et al., 1998; Walberg & Anderson, 1987), l'étude adopte une approche corrélative de type multivarié afin d'analyser trois questions complémentaires:

- Quelles sont les attitudes des enseignants de 6e année primaire des écoles de Bunia envers leurs écoliers en mathématiques ?
- Quel est le niveau de rendement des élèves de 6e année primaire de Bunia en mathématiques ?
- Quel est l'effet de ces attitudes enseignantes sur le rendement mathématique de leurs élèves ?

En articulant mesure des attitudes enseignantes, évaluation des apprentissages en mathématiques et analyse des effets-classe, cette recherche entend contribuer à la compréhension des déterminants relationnels et motivationnels du rendement scolaire dans les contextes primaires de l'Afrique subsaharienne.

L'objectif principal de notre étude consiste à saisir l'effet des attitudes des enseignants de 6^{e} année primaire des écoles de Bunia sur le rendement de leurs écoliers en mathématiques.

Partant de cet objectif principal, nous nous proposons, d'une manière spécifique de (d'):

- Identifier les attitudes des enseignants de 6e année primaire des écoles de Bunia envers leurs écoliers dans les leçons de mathématiques;
- Dégager le rendement des écoliers de 6ième année primaire des écoles de Bunia en mathématiques;
- Dégager l'effet des attitudes des enseignants de 6e année primaire dans les écoles de Bunia sur le rendement de leurs écoliers en mathématiques.

2 MÉTHODOLOGIE DU TRAVAIL

Etudier la relation entre l'attitude des enseignants et la réussite en mathématiques chez les écoliers de la 6ème année primaire de quelques écoles de la ville de Bunia implique le recours à une épreuve pour évaluer le niveau des apprenants en mathématiques: un questionnaire d'enquête pour déceler l'attitude des enseignants (alpha de Cronbach= 0,77) dont les écoliers vont subir l'épreuve de mathématique (alpha de Cronbach=0,90). Et cela s'est fait grâce à la méthode d'enquête.

La population de notre étude est constituée de tous les enseignants et écoliers de la sixième année primaire des écoles de la ville de Bunia. Il s'agit des enseignants actifs et des élèves inscrits pour le compte de l'année scolaire 2023-2024.

Tableau 1. Population des enseignants de 6e primaire de Bunia

Réseaux d'enseignement	Sexe		Total
	Masculin	Féminin	
Catholique	25	33	58
Kimbanguiste	6	8	14
Non conventionné	7	15	22
Privé	20	23	43
Protestant	22	31	53
Total	**80**	**110**	**190**

Source: Sous-division de l'EPSP-NC Bunia

Selon le contenu de ce tableau, le réseau catholique renferme 58 enseignants, alors que le réseau protestant en dispose 53, le privé 43. Les régimes de gestion non conventionné et Kimbanguiste comptent respectivement 22 et 14 enseignants.

Tableau 2. Population des élèves de 6e primaire de Bunia

Réseaux d'enseignement	Sexe		Total
	Masculin	Féminin	
Catholique	339	312	651
Kimbanguiste	147	222	369
Non conventionné	288	399	687
Privé	301	350	651
Protestant	462	423	885
Total	1537	1706	3243

Source: Sous-division de l'EPSP-NC Bunia

Dans le tableau 2 ci-dessus, le réseau protestant est constitué de 885 élèves, alors que le réseau non conventionné est constitué de 687 élèves et les réseaux catholique et privé sont constitués chacun de 651 élèves.

Dans le but de déterminer le nombre d'écoles et des classes à enquêter, nous nous sommes inspirés de Dépelteau (2011). D'après ce chercheur, un échantillon doit représenter au moins 10% de la taille de la population mère. En circonscrivant la pensée de cet auteur, la présente étude a pris en considération les procédures suivantes: déterminer 13% de 130 écoles dont regorgent la Sous-Division de Bunia, et cela a donné 17 écoles à enquêter sur base d'une sélection par la technique de l'urne au sein des différents réseaux d'enseignement. Il s'agit donc d'un échantillon aléatoire stratifié. Ensuite déterminer le nombre des classes à enquêter. Autrement dit, nous avons retenu toutes les classes de 6e année des écoles sélectionnées, il y en a eu au total 23 classes. Il s'agit donc d'un recensement exhaustif.

Le calcul de quelques indices statistiques, notamment la tendance centrale (moyenne) et de dispersion (écart type, coefficient de variation) nous ont permis de décrire les données et le recours au coefficient de corrélation de Spearman nous a facilité l'établissement de la relation entre l'attitude des enseignants et le rendement de leurs écoliers en mathématique. Après ces opérations, nous avons abouti aux résultats tels que décrits dans la section suivante.

3 RÉSULTATS

Dans cette section, nous présentons les résultats selon les différentes questions, en vue d'avoir une idée détaillée de différentes composantes des attitudes.

Considérant que les écoliers s'entendent bien avec leurs instituteurs, le rendement figure dans le tableau ci-dessous:

Tableau 3. Rendement des élèves selon qu'ils s'entendent bien avec leur instituteur

Bon entente entre l'écolier et l'enseignant	N	Moy	SD	Min	Max	CV	Rdt
Pas du tout d'accord	60	20,03	11,09	2	45	0,55	37,80
Un peu d'accord	208	30,25	10,89	6	52	0,36	57,07
Tout à fait d'accord	970	30,31	10,50	1	51	0,35	57,18
Total	1238	29,80	10,82	1	52	0,36	56,22

Selon le contenu de ce tableau, les écoliers qui s'entendent bien avec leur instituteur ont obtenu le rendement supérieur par rapport à ceux qui ne s'entendent pas avec leurs instituteurs (p=0,000<0,05).

Selon que l'instituteur fait tout pour que les écoliers se sentent bien dans les classes, le rendement figure dans le tableau 4 repris de la manière suivante:

Tableau 4. Rendement selon que l'instituteur fait tout pour que l'écolier se sente bien

L'instituteur fait tout	N	Moy	SD	Min	Max	CV	Rdt
Pas du tout d'accord	61	20,75	10,21	4	44	0,49	39,16
Un peu d'accord	176	29,51	10,99	2	52	0,37	55,68
Tout à fait d'accord	1001	30,40	10,58	1	51	0,35	57,36
Total	1238	29,80	10,82	1	52	0,36	56,22

Ce tableau montre que les écoliers qui estiment que leurs instituteurs font tout pour qu'ils se sentent bien en classe ont obtenu des meilleurs rendements que ceux qui estiment que leurs instituteurs ne le font pas (p=0,000<0,05 et F = 22,85).

Pendant l'enseignement de mathématique, l'instituteur écoute-t-il ce que l'écolier a à lui dire ? Le rendement des écoliers quant à ce peut être présenté de la manière suivante:

Tableau 5. Rendement selon que l'instituteur écoute vraiment ce que l'écolier a à lui dire

L'instituteur écoute l'écolier	N	Moy	SD	Min	Max	CV	Rdt
Pas du tout d'accord	68	24,35	10,88	8	48	0,45	45,95
Un peu d'accord	253	30,41	11,41	4	52	0,38	57,37
Tout à fait d'accord	917	30,03	10,54	1	51	0,35	56,67
Total	1238	29,80	10,82	1	52	0,36	56,22

Il se dégage de ce tableau que les écoliers qui affirment que l'enseignant écoute ce que l'écolier a à lui dire, ont obtenu des meilleurs rendements par rapport à ceux qui estiment que l'enseignant ne les écoute pas (p.=0,000< 0,05 et F= 9,365).

Selon que le maître fait tout son possible pour aider l'écolier, le rendement en mathématiques figure dans le tableau 6 et de la manière suivante:

Tableau 6. Rendement des écoliers selon que l'instituteur fait tout son possible pour aider l'écolier

L'instituteur fait tout son possible pour aider l'écolier	N	Moy	SD	Min	Max	CV	Rdt
Pas du tout d'accord	49	22,69	10,11	7	43	0,45	42,82
Un peu d'accord	112	28,44	12,28	3	52	0,43	53,66
Tout à fait d'accord	1077	30,26	10,57	1	51	0,35	57,10
Total	1238	29,80	10,82	1	52	0,36	56,22

Il se dégage de ce tableau que les enquêtés qui estiment que leurs instituteurs font tout leur possible pour les aider ont mieux réussi que ceux qui affirment le contraire (p=0,000<0,05).

Le maître traite-t-il les écoliers avec respect ? Le rendement obtenu quant à cet aspect figure dans le tableau ci-dessous:

Tableau 7. Rendement des écoliers selon que l'instituteur traite l'écolier avec respect

L'instituteur traite l'écolier avec respect	N	Moy	SD	Min	Max	CV	Rdt
Pas du tout d'accord	113	26,79	11,89	2	46	0,44	50,54
Un peu d'accord	314	30,49	10,63	3	52	0,35	57,54
Tout à fait d'accord	811	29,95	10,67	1	51	0,36	56,51
Total	1238	29,80	10,82	1	52	0,36	56,22

A la lumière de ce tableau, il se dégage que les écoliers qui sont traités avec respect par leurs instituteurs ont obtenu des rendements supérieurs que ceux qui estiment n'être pas traités avec respect (p =0,006<0,05).

Lorsque le maître se fâche et gronde les écoliers, le rendement est présenté comme suit:

Tableau 8. Rendement des écoliers selon que l'enseignant se fâche et gronde l'écolier

L'enseignant se fâche et gronde l'écolier	N	Moy	SD	Min	Max	CV	Rdt
Pas du tout d'accord	457	31,22	10,78	1	52	0,35	58,91
Un peu d'accord	417	30,44	10,73	2	50	0,35	57,44
Tout à fait d'accord	364	27,36	10,58	3	49	0,39	51,62
Total	1238	29,80	10,82	1	52	0,36	56,22

Ce tableau montre que le rendement le plus élevé = (58,91%) vient des écoliers qui ne se font pas gronder par leurs enseignants. Ils sont suivis par ceux qui sont quelques fois et parfois grondés par leurs instituteurs (p = 0,000 < 0,05).

Pendant l'enseignement de mathématiques, le maître reprend-il la question en d'autres termes ? Le rendement des écoliers quant à ce fait l'objet du tableau ci-dessous:

Tableau 9. Rendement des écoliers selon que l'enseignant reprend la question en d'autres termes

L'enseignant reprend la question en d'autres termes	N	Moy	SD	Min	Max	CV	Rdt
Pas du tout d'accord	179	28,08	10,81	2	52	0,39	52,98
Un peu d'accord	224	29,54	9,95	3	49	0,34	55,74
Tout à fait d'accord	835	30,24	11,01	1	51	0,36	57,05
Total	1238	29,80	10,82	1	52	0,36	56,22

Comme on peut le constater, lorsque l'enseignant reprend la question en d'autres termes, les écoliers obtiennent le bon rendement (p=0,049<0,05).

Quel est le rendement des écoliers selon que le maître garde silence, tout en regardant l'écolier ? La réponse à cette question figure dans le tableau 10.

Tableau 10. Rendement des écoliers selon que l'enseignant garde silence, tout en regardant l'apprenant

L'enseignant garde silence, tout en regardant l'apprenant	N	Moy	SD	Min	Max	CV	Rdt
Pas du tout d'accord	519	31,03	10,51	6	52	0,34	58,55
Un peu d'accord	350	30,12	10,66	5	49	0,35	56,84
Tout à fait d'accord	369	27,76	11,11	1	48	0,40	52,38
Total	1238	29,80	10,82	1	52	0,36	56,22

Suivant le contenu de ce tableau, lorsque l'enseignant garde silence tout en regardant l'écolier, son rendement faibli, par contre, si l'enseignant n'agit pas de la sorte, l'écolier performe (p =0,000 < 0,05).

Quel est le rendement des écoliers selon que le maître se montre déçu ? La réponse à cette question fait l'objet du tableau repris ci-dessous:

Tableau 11. Rendement selon que l'enseignant se montre déçu

L'enseignant se montre déçu	N	Moy	SD	Min	Max	CV	Rdt
Pas du tout d'accord	463	30,85	10,79	3	50	0,35	58,21
Un peu d'accord	309	29,85	10,68	4	52	0,36	56,32
Tout à fait d'accord	466	28,72	10,85	1	49	0,38	54,19
Total	1238	29,80	10,82	1	52	0,36	56,22

Il apparait que les écoliers qui estiment que leurs enseignants se montrent déçus ont obtenu le rendement inférieur que ceux qui estiment que leurs enseignants ne se montrent pas déçus (p=0,011<0,05).

Quel est le rendement des écoliers en mathématiques selon que le maître exprime sa déception ? Le résultat obtenu quant à cet aspect figure dans le tableau 12.

Tableau 12. Rendement selon que l'enseignant exprime sa déception

L'enseignant exprime sa déception	N	Moy	SD	Min	Max	CV	Rdt
Pas du tout d'accord	531	29,63	10,73	3	51	0,36	55,90
Un peu d'accord	279	31,14	10,52	5	52	0,34	58,75
Tout à fait d'accord	428	29,14	11,06	1	50	0,38	54,99
Total	1238	29,80	10,82	1	52	0,36	56,22

Les écoliers qui affirment que leurs enseignants n'expriment pas leur déception ont obtenu des rendements supérieurs que ceux qui pensent que leurs enseignants le font (p= 0,050=0,05).

3.1 CORRÉLATION ENTRE ATTITUDE ET RENDEMENT EN MATHÉMATIQUES

L'effet des attitudes des enseignants sur le rendement des écoliers de 6^{ième} année en mathématiques est dégagé à partir de la corrélation. Ceci nous permet d'apprécier la relation existante entre ces deux variables. Après avoir intégré la variable indépendante (attitude), nous avons obtenu les résultats repris dans le tableau 13.

Tableau 13. Corrélation entre les attitudes des enseignants et le rendement des élèves

Attitudes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Math
L'élève s'entend bien avec son instituteur (1)	1	,446**	,286**	,317**	,258**	-,014	,150**	0,02	-,056	-,055	**,149****
L'instituteur fait tout pour que l'élève se sente bien en classe (2)		1	,377**	,420**	,349**	-,008	,172**	-,004	-,046	-,007	**,163****
L'instituteur écoute vraiment ce que l'élève a à lui dire (3)			1	,411**	,308**	,007	,099**	,012	-,031	-,02	**,077****
L'instituteur fait tout son possible pour aider l'élève (4)				1	,306**	,011	,132**	,003	-,013	,001	**,135****
L'instituteur traite l'élève avec respect (5)					1	-,005	,068*	-,012	-,108**	-,017	,053
L'enseignant se fâche et gronde l'élève lorsque ce dernier donne une réponse erronée (6)						1	,068*	,325**	,245**	,225**	**-,109****
L'enseignant reprend la question en d'autre terme lorsqu'un élève donne une réponse fausse (7)							1	,065*	,123**	,113**	**,069***
L'enseignant garde silence, tout en regardant l'apprenant lorsque ce dernier donne une réponse fausse (8)								1	,412**	,318**	**-,124****
L'enseignant se montre déçu quand l'élève donne une réponse fausse (9)									1	,338**	**-,085****
L'enseignant exprime sa déception en cas d'une mauvaise réponse de la part de l'apprenant (10)										1	-,016

A l'issue des analyses, nous constatons que 8 composantes d'attitude sur les 10 entretiennent des corrélations significatives. Il faut noter aussi que parmi ces éléments, 5 affichent des corrélations positives et les 3 autres des corrélations négatives. Pour la première catégorie, lorsque l'écolier s'entend bien avec son instituteur, l'instituteur fait tout pour que l'écolier se sente bien en classe, il écoute vraiment ce que l'élève a à lui dire, il fait tout son possible pour aider l'élève, il reprend la question en d'autres termes lorsqu'un écolier donne une réponse fausse, le rendement de l'élève s'améliore. Autrement dit, lorsqu'un enseignant manifeste les comportements décrits ci-dessus, ses élèves apprennent mieux les mathématiques.

Par contre, si l'enseignant se fâche et gronde l'écolier pendant que ce dernier a donné une réponse erronée et lorsqu'il garde silence, tout en regardant l'apprenant pendant que ce dernier donne une réponse fausse, et lorsqu'il se montre déçu quand l'écolier donne une réponse erronée, le rendement de l'écolier décroit. Ceci veut autrement dire que l'attitude négative manifestée par l'enseignant influence négativement le rendement des apprenants en mathématiques.

4 DISCUSSION

Les résultats de corrélation mettent en lumière une relation significative, bien que modérée, entre les attitudes perçues des enseignants et le rendement des élèves en mathématiques. Les attitudes positives (telles que la chaleur relationnelle, le sentiment d'être écouté, l'effort de l'enseignant pour aider l'élève et la reformulation de la question en cas d'erreur) sont associées à des performances légèrement supérieures en mathématiques. Ces corrélations positives, tout en restant modestes, suggèrent que le climat affectif et le traitement bienveillant de l'erreur contribuent à créer un environnement favorable à l'apprentissage, notamment dans une discipline exigeant attention, concentration et confiance en soi comme les mathématiques.

Ces observations rejoignent les travaux sur l'effet-Pygmalion, qui montrent que les attentes et les attitudes positives des enseignants, traduites par un soutien, une écoute et une disponibilité, améliorent progressivement l'estime de soi, la motivation et, en fin de compte, les résultats scolaires (Bela et al., 2017; Brophy, 1983; Jussim et al., 1998). Dans le contexte de Bunia, où les classes sont souvent surchargées et les conditions d'enseignement précaires, la présence d'enseignants qui se

montrent disponibles, attentifs et capables de reformuler une question plutôt que de sanctionner l'erreur peut compenser, au moins partiellement, les contraintes structurelles et favoriser un engagement plus soutenu des élèves envers les mathématiques.

En revanche, les attitudes négatives ou dévalorisantes (se fâcher, gronder, garder un silence lourd ou exprimer ouvertement sa déception en cas d'erreur) sont corrélées négativement avec le rendement. Les élèves qui perçoivent ces réactions comme une forme de rejet ou de reproche obtiennent en moyenne des résultats inférieurs, ce qui renvoie à une dynamique de prophétie autoréalisatrice: l'élève confronté régulièrement à l'hostilité ou à la dévalorisation finit par réduire ses efforts, à éviter les tâches difficiles et à se percevoir comme « mauvais en mathématiques » (Brophy, 1983; Costa, 2015). Dans un contexte où les élèves sont déjà fragilisés par des difficultés d'acquisition des automatismes arithmétiques, de telles réactions enseignantes peuvent renforcer le décrochage et la perte de confiance, conduisant à un cercle vicieux de sous-performance.

La faible magnitude de certaines corrélations positives ($r < 0,15$) et la quasi-absence de lien pour certains items de « respect » ou de « déception » indiquent également que les attitudes enseignantes, bien qu'influentes, ne constituent pas le seul déterminant du rendement. Elles doivent être comprises dans un ensemble plus large de facteurs propres aux élèves (niveau initial, motivation, soutien familial) et contextuels (effectifs de classe, ressources pédagogiques, qualité de l'enseignement, effondrement partiel du financement public, impact de la gratuité de l'enseignement, etc.). Dans cette optique, les résultats de la présente étude enrichissent la littérature sur l'effet-classe en Afrique subsaharienne en montrant que, au-delà de la structure même des classes, les dynamiques relationnelles et affectives entre enseignant et enseignés jouent un rôle mesurable, bien que partiel, dans la réussite scolaire, en particulier en mathématiques.

Plusieurs implications pratiques se dégagent de ces résultats. Pour les formateurs et les décideurs éducatifs, il semble pertinent de développer des dispositifs de formation continue visant à renforcer les aptitudes relationnelles des enseignants, notamment leur capacité à traiter de façon constructive l'erreur, à reformuler les questions, à maintenir un climat de respect et de soutien, et à limiter les réactions punitives face aux réponses fausses. Pour la recherche future, il serait utile d'explorer davantage le rôle médiateur de la motivation et de l'estime de soi, en lien avec les attitudes enseignantes, et d'analyser comment ces relations évoluent selon le niveau socio-économique, le genre et le type d'école, afin d'affiner les interventions pédagogiques dans les contextes scolaires similaire à celui de Bunia.

Enfin, ces résultats invitent à reconceptualiser le rôle de l'enseignant, non seulement comme transmetteur de savoir, mais aussi comme acteur central de la qualité du climat scolaire. Dans un environnement marqué par des contraintes matérielles importantes, la chaleur relationnelle, l'attention portée aux élèves et la manière de gérer l'erreur constituent des leviers pédagogiques relativement accessibles pour améliorer, même modestement, le rendement en mathématiques et, plus largement, la persévérance scolaire des apprenants.

5 CONCLUSION

Cette étude s'inscrit dans une tradition de travaux qui mettent en avant le rôle des attitudes enseignantes et du climat de classe dans la réussite scolaire, en particulier en mathématiques. L'introduction rappelait que les attentes et les comportements des enseignants peuvent produire des effets de type Pygmalion, tant au plan motivatif qu'au plan cognitif, et que les conditions précaires des écoles primaires de la RDC, notamment à Bunia, amplifient l'importance de ces dimensions relationnelles. Les résultats confirment que les attitudes perçues des enseignants (chaleur, soutien, reformulation de la question en cas d'erreur) sont associées à un rendement légèrement supérieur des élèves en mathématiques, tandis que les attitudes négatives ou dévalorisantes (colère, silences lourds, expression de déception) sont liées à des performances inférieures.

Dans un contexte marqué par de fortes contraintes structurelles, la qualité des interactions enseignant-élève constitue un levier pédagogique mesurable. Même si les corrélations sont modérées, elles indiquent que les attitudes enseignantes contribuent à façonner, au moins partiellement, le climat scolaire et la trajectoire mathématique des élèves de 6e année primaire à Bunia. Cette conclusion invite à intégrer explicitement les dimensions relationnelles et affectives dans les politiques de formation continue des enseignants et dans les dispositifs d'amélioration de la qualité de l'enseignement mathématique dans les contextes scolaires similaires en Afrique subsaharienne.

REFERENCES

[1] Aiken, L. R. (1970). Attitudes toward mathemalics. *Review of Educational Research*.

[2] Bela, L., Wongba, Y. et Boyombi, I. (2017). Attitudes des enseignants et résultats des écoliers de 4e année primaire en lecture-compréhension française. *International Journal of Innovation and Scientific Research,* 32 (2), 366-374.

[3] Brophy, J. (1983). Research on the self-fulfilling prophecy and teacher expectations. *Journal of Educational Psychology,* 75 (5), 631-661.

[4] Brophy, J. and Evertson, C. (1976). *Learning from teaching: A developmental perspective* 1976 Boston Allyn & Bacon.

[5] Bush, W. (1989). Mathematics Anxiety 10 Upper Elementary School Teachers. *School Science and Mathematics*.

[6] Costa, G. (2015). L'effet Pygmalion en milieu scolaire: traitements différenciés et conséquences sur les élèves. Mémoire de Master, Université Joseph Fourier, Grenoble.

[7] Depelteau, F. (2011). La démarche d'une recherche en sciences humaines, Québec: Presse universitaire de Laval.

[8] Ekwa. (2004). *Ecole trahie.* Kinshasa: Cadicec.

[9] Gellert, U. (2000). Mathematics instruction in safe space: prospective elementary teachers' views of mathematics education. *Journal mathematics teacher education,* 3, 251-270.

[10] Jackson, P., Silberman, M. and Wolfson, B., J. (1969). Signs of personal involvement in teachers' descriptions of their students. *Journal of Educational Psychology,* 60, 22-27 https://api.semanticscholar.org/CorpusID: 144581319.

[11] Jussim L. and Eccles, J.S. (1992). Teacher expectations 2: Construction and reflection of student achievement. *Journal of Personality and Social Psychology,* 63 (6), 947-961.

[12] Jussim, L. (1989). Teacher expectations: Self-fulfilling prophecies, perceptual biases, and accuracy. *Journal of Personality and Social Psychology,* 57 (3), 469- 480.

[13] Jussim, L., Smith, A., Madon, S. and Palumbo, P. (1998). Teacher expectations. *Advances in Research on Teaching,* 7, 1-48.

[14] Kamba, E. (2011). Etude de l'efficacité interne des écoliers primaires de la ville de Kisangani. (*Mémoire de D.E.S. en pédagogie, inédit,* UNIKIS).

[15] Kandolo, P.F. (2007). Gratuité de l'enseignement au Congo-Kinshasa. Un droit humain à l'éducation sous ombrelle. Paris: Editions universitaires européennes.

[16] Mason, J., Stephens, M., & Watson, A. (2009). Appreciating mathematical structure for all. *Mathematics Education Research Journal,* 21 (2), 10–32.

[17] McMillan, J. (1976). Factors affecting the development of pupil attitudes toward school subjects. *Psychology in the Schools, 13 (3), 322-325.*

[18] Mokonzi, G. (2009). De l'école de la médiocrité à l'école de l'excellence au Congo-Kinshasa. Paris: L'Harmattan.

[19] Mokonzi, G. B. (2012). Gratuité et qualité de l'enseignement primaire en République démocratique du Congo. *Congo-Afrique, 470,* 768-785.

[20] Nathan, F. (1971). La pédagogie fonctionnelle pour l'école élémentaire nouvelle, l'enseignement de mathématique, les activités d'éveil d'éducation civique. Paris.

[21] Phillips, R. B., Jr. (1973). Teacher attitude as related to student attitude and achievement in elementary school mathematics. *School Science and Mathematics,* 73, 501–507.

[22] Potvin, P. et Rousseau, R. (1994). Attitudes des enseignants envers les élèves en difficulté scolaire. *Revue canadienne de l'éducation,* 18 (2), 132-149.

[23] Staats, A.W. (1986). Behaviorisme social. Editions Behaviora Inc., Helvetigraf, Québec.

[24] Walberg, H. J. & Anderson, G. J. (1987). Classroom climate and individual learning. *Journal of Educational Psychology,* 59, 414–419.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 1029-1040
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Pratiques pédagogiques des enseignants de 6eme primaire de Bunia en mathématiques

[Mathematics teaching practices of 6th-grade primary school teachers in Bunia]

Bela Legono[1], Mukiekie Tshite[2], Kimbuani Mabella[3], and Kamba Eyanganunga[4]

[1]Doctorant en Pédagogie, Université de Kisangani, RD Congo

[2]Professeur Ordinaire en Sciences de l'Education, UNIKIS, RD Congo

[3]Professeur Ordinaire en Psychologie, UNIKIS, RD Congo

[4]Professeur Ordinaire en Sciences de l'Education, UNIKIS, RD Congo

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

ABSTRACT: This study describes and analyses the teaching practices of Grade 6 primary school mathematics teachers in Bunia, within a school context characterised by overcrowded classrooms, often inadequate initial training, and poor results in mathematics despite the introduction of free schooling. Drawing on the pedagogical effectiveness model of Creemers and Kyriakides (2010) and the principles of explicit instruction of Rosenshine and Stevens (1986), the article examines the extent to which teachers in 17 schools in Bunia (69 teachers, 23 Year 6 classes, 2023–2024 academic year) employ key practices such as daily review, clear objectives, step-by-step presentation, checking for understanding, feedback and individual practice. Data were collected using a standardised observation grid ($\alpha = 0.92$) and subjected to descriptive statistics and the chi-square test to compare the frequencies of use of the various practices.

The results show that Grade 6 teachers in Bunia excel in the clarity and structure of their lessons: they clearly define objectives, avoid digressions, present content in successive stages, and support difficult concepts with numerous detailed explanations and a wide range of practical examples. The majority also regularly check pupils' understanding by asking oral questions and correcting mistakes, which is consistent with explicit and sequential teaching. Furthermore, feedback and error correction are frequent, with teachers encouraging pupils, giving them clues, correcting incorrect answers and sometimes re-teaching the same material. Conversely, practices involving the revision and checking of daily work are rarely implemented: a large proportion of teachers do not systematically check homework, do not ask short questions at the start of the lesson, nor do they use various forms of revision (peer correction, group work, written summaries, etc.). Similarly, supervised individual practice remains rare, with few established routines, brief interactions with pupils and limited opportunities for differentiated practice, even for difficult content.

In conclusion, although 6 Grade primary school teachers in Bunia demonstrate proficiency in clarity, structured presentation and feedback, their practices remain inadequate in terms of daily revision, differentiation and ongoing individual practice. The authors attribute these shortcomings to a combination of structural constraints (overcrowded classes, limited teacher training, and lack of resources) and propose, in response, continuing professional development schemes and lesson plan templates to strengthen explicit and differentiated teaching of mathematics in Grade 6.

KEYWORDS: DR Congo, explicit teaching, mathematics teaching, teaching effectiveness, teaching practices.

RESUME: Cette étude analyse les pratiques pédagogiques des enseignants de 6e année primaire en mathématiques à Bunia, dans un contexte de classes surchargées, de formation limitée et de faibles performances des élèves. En s'appuyant sur les modèles de Creemers et Kyriakides (2010) et de Rosenshine et Stevens (1986), elle examine l'usage de pratiques clés (révision,

Corresponding Author: Bela Legono

clarté des objectifs, progression par étapes, vérification de la compréhension, rétroaction et pratique individuelle) auprès de 69 enseignants dans 17 écoles (année 2023-2024). Les données, collectées via une grille d'observation standardisée ($\alpha = 0,92$), sont analysées à l'aide de statistiques descriptives et du test du χ^2.

Les résultats montrent que les enseignants se distinguent par la clarté et la structuration des leçons : objectifs précis, progression par étapes et explications détaillées avec exemples. La vérification de la compréhension et la rétroaction sont fréquentes. En revanche, la révision régulière, la vérification du travail journalier et la pratique individuelle supervisée restent limitées.

En conclusion, malgré une bonne maîtrise de l'enseignement explicite, des insuffisances persistent en matière de révision, de différenciation et de pratique continue, en raison notamment des contraintes structurelles. L'étude recommande le renforcement de la formation continue et l'adoption d'outils pédagogiques adaptés.

MOTS-CLEFS: efficacité pédagogique, enseignement explicite, enseignement des mathématiques, pratiques pédagogiques, RD Congo.

1 INTRODUCTION

L'enseignement des mathématiques au niveau primaire en République Démocratique du Congo (RDC), particulièrement en 6e année dans des contextes comme Bunia (Province de l'Ituri), est confronté à des défis structurels persistants. Les classes surchargées (souvent plus de 50 élèves), la gratuité scolaire introduite en 2020 qui a accru les inscriptions sans moyens supplémentaires, et une formation initiale des enseignants souvent inadéquate limitent l'efficacité pédagogique, entraînant des performances faibles en mathématiques. C'est un constat récurrent dans les évaluations nationales et régionales.

Les modèles d'efficacité pédagogique, tels que le Dynamic Model de Creemers et Kyriakides (2010), mettent en avant cinq domaines clés: orientation des enseignants, structuration des opportunités d'apprentissage, climat scolaire, pratiques d'enseignement et partenariats. Au cœur des pratiques d'enseignement, Rosenshine et Stevens (1986) identifie dix principes fondateurs, dont la révision quotidienne des acquis (vérification devoirs, questions brèves), la présentation claire par étapes (buts précis, exemples concrets), la vérification de la compréhension (questions orales, ré-enseignement), la guidance (rétroaction, correction erreurs), et la pratique indépendante supervisée.

Ces principes, validés par méta-analyses (Hattie, 2009), montrent un impact fort sur les apprentissages en mathématiques primaires. En Afrique subsaharienne et RDC, des études locales (ex. effets-classe en Province Orientale) confirment que les enseignants privilégient souvent la transmission magistrale au détriment de la révision et de la différenciation, aggravé par des effectifs pléthoriques et un manque de ressources.

Malgré ces repères théoriques, peu d'études empiriques décrivent les pratiques réelles des enseignants de 6e primaire à Bunia en mathématiques, via observation directe. Quelles sont les fréquences de ces pratiques (révision journalière, clarté, supervision, rétroaction, pratique individuelle) ? Y a-t-il des écarts significatifs par rapport aux standards d'efficacité, et quels facteurs contextuels (réseaux d'enseignement, formation) les expliquent ? Cette lacune freine les interventions ciblées pour améliorer les rendements scolaires.

L'objectif principal est de décrire et analyser ces pratiques chez 69 enseignants de 17 écoles à Bunia (année 2023-2024). Nous testons l'hypothèse que les enseignants excellent en clarté et guidance mais délaissent révision et pratique individuelle.

2 METHODOLOGIE DU TRAVAIL

Pour décrire les pratiques pédagogiques des enseignants en mathématiques, il est impérieux de recours à une grille observation directe (alpha de Cronbach= 0,92) pour identifier les pratiques pédagogiques des enseignants. Cela est rendu possible par la méthode d'enquête.

La population de notre étude est constituée de tous les enseignants et écoliers de la sixième année primaire des écoles de la ville de Bunia. Il s'agit des enseignants actifs et des élèves inscrits pour le compte de l'année scolaire 2023-2024.

Tableau 1. Population des enseignants de 6e primaire de Bunia

Réseaux d'enseignement	Sexe		Total
	Masculin	Féminin	
Catholique	25	33	58
Kimbanguiste	6	8	14
Non conventionné	7	15	22
Privé	20	23	43
Protestant	22	31	53
Total	**80**	**110**	**190**

Source: Sous-division de l'EPSP-NC Bunia

Selon le contenu de ce tableau, le réseau catholique renferme 58 enseignants, alors que le réseau protestant en dispose 53, le privé 43. Les régimes de gestion non conventionné et Kimbanguiste comptent respectivement 22 et 14 enseignants.

Dans le but de déterminer le nombre d'écoles et des classes à enquêter, nous nous sommes inspirés de Dépelteau (2011). D'après ce chercheur, un échantillon doit représenter au moins 10% de la taille de la population mère. En circonscrivant la pensée de cet auteur, la présente étude a pris en considération les procédures suivantes: déterminer 13% de 130 écoles dont regorgent la Sous-Division de Bunia, et cela a donné 17 écoles à enquêter sur base d'une sélection par la technique de l'urne au sein des différents réseaux d'enseignement. Il s'agit donc d'un échantillon aléatoire stratifié. Ensuite déterminer le nombre des classes à enquêter. Autrement dit, nous avons retenu toutes les classes de 6e année des écoles sélectionnées, il y en a eu au total 23 classes. Il s'agit donc d'un recensement exhaustif.

Outre les statistiques descriptives, nous avons procédé à la comparaison des réponses des enquêtés par le test de chi-deux. Après ces opérations, nous avons abouti aux résultats tels que décrits dans la section suivante.

3 RESULTATS

Cette section est constitué de trois sections, à savoir les pratiques pédagogiques des enseignants; l'interprétation et la discussion des résultats obtenus. Pour devoir résumer les pratiques pédagogiques relatives aux thèmes et sous thèmes des données de notre recherche, nous avons procédé à l'élaboration d'un guide de codification sur les pratiques pédagogiques des enseignants qui se présente de la manière suivante:

1. Code = 0% à 25%= l'activité se réalise rarement;
2. Code = 26% à 50% = l'activité se réalise quelques fois;
3. Code = 51% à 75%= l'activité se réalise souvent;
4. Code = 76% à 100%= l'activité se réalise très souvent.

Après le décompte des effectifs, nous procédions à la comparaison pour dégager l'existence ou non de différence, en recourant au test de chi-deux.

3.1 PRATIQUES PEDAGOGIQUES DES ENSEIGNANTS

Dans cette première section, il est question de la présentation des résultats des pratiques pédagogiques observées dans les situations des classes. Cette présentation s'effectue en respectant l'ordre de différents thèmes contenus dans la grille d'observation.

THÈME 1. RÉVISION ET VÉRIFICATION DU TRAVAIL JOURNALIER

Le thème relatif à la révision et la vérification des travaux journaliers traite de la façon dont les enseignants procèdent pour revoir les leçons précédentes et vérifie les devoirs des apprenants. Après vérification, comment procèdent-ils, soit pour ré-enseigner, soit pour sur-apprendre.

Tableau 2. Résultats relatifs à la révision et vérification du travail journalier des élèves

Caractéristiques des pratiques	Oui		Non		Khi-carré	p	Décision
	f	%	f	%			
Vérification des devoirs	36	52,17	33	47,83	0,130	0,718	DNS
Pratique additionnelle	33	47,83	36	52,17	0,130	0,718	DNS
Questions par rapport aux habiletés précédentes	52	75,36	17	24,64	-	-	-
Brèves questions au début par rapport à la leçon précédente	30	43,48	39	56,52	1,174	0,279	DNS
Correction en groupe de pairs	26	37,68	43	62,32	-	-	-
Regroupement des élèves pour la correction	13	18,84	56	81,16	-	-	-
Questions des élèves à leurs pairs	9	13,04	60	86,96	-	-	-
Résumé écrit sur la leçon précédente	7	10,14	62	89,86	-	-	-

De ce tableau, nous constatons que pendant la révision et la vérification de travail journalier des écoliers, certaines pratiques sont réalisées par certains enseignants et non par les autres. Il s'agit de poser des brèves questions par rapport à la leçon précédente, corriger les travaux en groupe de pair, regrouper les écoliers pour la correction, autoriser que les écoliers posent des questions à leurs condisciples et résumer par écrit la leçon précédente.

Cependant, une part importante d'enseignants ne vérifient pas les devoirs des écoliers, ne recourent pas à certaines pratiques additionnelles et ne posent pas des brèves questions au début par rapport à la leçon précédente.

En résumé, les pratiques pédagogiques relatives à la révision et à la vérification des travaux journaliers des apprenants se présentent comme suit:

Tableau 3. Résumé des pratiques pédagogiques relatives à la révision et vérification du travail journalier des écoliers

Révision et vérification	f	%
Rarement	32	46,4
Quelques fois	19	27,5
Souvent	16	23,2
Très souvent	2	2,9
Total	69	100,0

La lecture de ce tableau atteste que les enquêtés recourent rarement (46,4%) ou quelques fois (27,5%) à la révision et à la vérification du travail journalier des élèves. Seule une minorité y recourt souvent (23,2%) ou très souvent (2,9%).

En gros, on peut noter que les pratiques pédagogiques relatives à la révision et vérification de travail journalier des écoliers sont rarement appliquées (p=0,001<0,05 et chi-carré=17,45).

THÈME 2. PRÉSENTATION DU NOUVEAU CONTENU ET DES HABILETÉS

Pour comprendre et rendre ce thème explicite, nous l'avons subdivisé en quatre sous-thèmes: la clarté des buts et des éléments principaux, la présentation par étapes de la leçon, les stratégies spécifiques et concrètes et la vérification de la compréhension des élèves.

SOUS-THÈME 1. CLARTÉ DES BUTS ET ÉLÉMENTS PRINCIPAUX

Ce sous-thème traite de la façon dont les enseignants introduisent ou motivent leur leçon. Concrètement, on voudrait cerner comment ils précisent le but de la leçon, motivent, évitent les digressions, les phrases et les pronoms ambigus lors de la présentation des nouvelles matières. Le tableau 4.3 ci-dessous présente le résultat de la manière suivante:

Tableau 4. Clarté des buts et éléments principaux

Caractéristiques des pratiques	Oui		Non		Khi carré	p	décision
	f	%	f	%			
Préciser les buts ou les objectifs de la leçon en terme clair	46	66,67	23	33,33	-	-	-
Motiver la leçon	56	81,16	13	18,84	-	-	-
Éviter la digression	61	88,41	8	11,59	-	-	-
Éviter les phrases et les pronoms ambigus	42	60,87	27	39,13	-	-	-

De l'observation des éléments de ce tableau, il s'observe que les enseignants précisent les buts ou les objectifs de la leçon en termes clair, motivent les leçons, évitent les digressions et les phrases et pronoms ambigus.

En effet, l'évaluation de la clarté des leçons dispensées par les enseignants se présente comme suit:

Tableau 5. Résumé de clarté des buts et des éléments principaux

Clarté	f	%
Rarement	11	15,9
Quelques fois	9	13,0
Souvent	20	29,0
Très souvent	29	42,0
Total	69	100,0

Partant de ce tableau, il s'avère que la plupart de leçons dispensées par les enquêtés sont claires car ils précisent le but de leurs leçons, motivent les élèves, évitent les digressions, les phrases et les pronoms ambigus lors de la présentation des nouvelles matières en mathématique.

Le test de chi- carré appliqué à ces fréquences révèle l'existence d'une différence significative (p=0,003<0,05 et chi-carré=13,81).

SOUS-THÈME 2. PRÉSENTATION PAR ÉTAPES

Cette partie se réfère aux caractéristiques de la présentation de la leçon par étapes. Le tableau ci-dessous reprend la situation de la manière suivante:

Tableau 6. Présentation par étapes

Caractéristiques des pratiques	Oui		Non		Khi carré	p	décision
	f	%	f	%			
Présenter les contenus à petites étapes	58	84,06	11	15,94	-	-	-
Organiser et présenter le contenu de manière à ce qu'un élément soit maîtrisé avant de passer au suivant	59	85,51	10	14,49	-	-	-
Donner des explications explicites par étapes	62	89,86	7	10,14	-	-	-
Mettre en évidence les éléments principaux	50	72,46	19	27,54	-	-	-

En lisant le contenu de ce tableau, il est constaté que la majorité des enseignants présentent le contenu en petites étapes, organisent et présentent le contenu de manière à ce qu'un élément soit maîtrisé avant de passer au suivant, donnent des explications explicites par étapes et mettent en évidence les éléments principaux.

Le résumé de la présentation par étape peut être exprimé comme suit:

Tableau 7. Résumé de présentation par étape

Présentation	f	%
Rarement	5	7,2
Quelques fois	3	4,3
Souvent	26	37,7
Très souvent	35	50,7
Total	69	100,0

Tel qu'on peut le remarquer, les enseignants recourent très souvent à la présentation des leçons par étape (p=0,000<0,05 et chi-carré=39,63).

SOUS-THÈME 3. STRATÉGIES SPÉCIFIQUES ET CONCRÈTES

Dans ce sous-thème, on voudrait analyser les stratégies spécifiques et concrètes, c'est-à-dire la manière détaillée et redondante auxquelles recourent les enseignants pendant les leçons. L'essentiel figure dans le tableau ci-dessous:

Tableau 8. Stratégies spécifiques et concrètes

Caractéristiques des pratiques	Oui		Non		Khi carré	p	décision
	f	%	f	%			
Donner des explications détaillées et redondantes lorsque le contenu est difficile	55	79,71	14	20,29	-	-	-
Donner aux élèves des exemples concrets et variés.	56	81,16	13	18,84	-	-	-

Il est approuvé par la lecture des éléments de ce tableau que les enseignants donnent des explications détaillées et redondantes lorsque le contenu est difficile, et ils donnent aux élèves des exemples concrets et variés.

SOUS-THÈME 4. VÉRIFICATION DE LA COMPRÉHENSION DES ÉLÈVES

Dans cette sous-section, nous vérifions la manière dont les enseignants procèdent pour contrôler le niveau de compréhension de leurs élèves. Le résultat figure dans le tableau ci-dessous:

Tableau 9. Vérification de la compréhension des élèves

Caractéristiques des pratiques	Oui		Non		Khi carré	p	décision
	f	%	f	%			
S'assurer que les élèves comprennent un élément avant de passer à un autre	57	82,61	12	17,39	-	-	-
Poser des questions afin de vérifier la compréhension	52	75,36	17	24,64	-	-	-
Demander aux élèves de résumer les points principaux en leurs propres mots	13	18,84	56	81,16	-	-	-
Ré-enseigner les parties moins comprises par l'enseignant ou par le tutorat.	16	23,19	53	76,81	-	-	-

En scrutant ce tableau, le constat est que la majorité des enseignants s'assurent que les élèves comprennent un élément avant de passer au suivant et posent des questions aux élèves afin de vérifier s'ils ont compris la matière. Par contre, ils ne demandent pas aux écoliers de résumer les points principaux dans leurs propres mots et n'enseignent pas de nouveau les parties moins bien comprises par eux, soit en revenant sur la même matière ou soit par un tutorat entre écoliers.

En résumé, la situation se présente comme suit:

Tableau 10. Vérification de la compréhension des élèves

Vérification	f	%
Rarement	15	21,7
Quelques fois	36	52,2
Souvent	16	23,2
Très souvent	2	2,9
Total	69	100,0

Selon le contenu de ce tableau, il s'observe que les enseignants vérifient rarement (21,7%) ou quelques fois (52,2%) le niveau de compréhension de la matière par les écoliers. Du moins, une frange d'entre eux le fait souvent (23,2%) ou très souvent (2,9%).

Pour comparer ces fréquences, nous avons recouru au test chi-carré. Celui-ci a révélé l'existence d'une différence significative (p=0,000<0,05; et le chi-carré=28,40). Il est clair que les enquêtés vérifient le niveau de compréhension de la matière.

THÈME 3. SUPERVISION DE LA PRATIQUE ET VÉRIFICATION DE LA COMPRÉHENSION DES ÉLÈVES

Ce troisième thème vérifie la manière dont les enseignants supervisent la pratique de leurs élèves: il s'agit d'abord de la pratique guidée par l'enseignant, l'étape de la supervision de la pratique et la procédure de vérification de la compréhension de la matière par les élèves.

SOUS-THÈME 1: DANS LA PRATIQUE GUIDÉE PAR L'ENSEIGNANT

Cette partie par contre expose la façon dont les enseignants guident les élèves pendant les activités d'enseignement-apprentissage. Ceci fait l'objet du tableau ci-dessous:

Tableau 11. Pratique guidée de l'enseignant

Caractéristiques des pratiques	Oui		Non		Khi carré	p	décision
	f	%	f	%			
Guider les élèves dans la pratique du nouveau contenu	47	68,12	22	31,88	-	-	-
Eviter la digression	59	85,51	10	14,49	-	-	-
Fournir une rétroaction	55	79,71	14	20,29	-	-	-
Corriger les erreurs	58	84,06	11	15,94	-	-	-
Enseigner à nouveau	32	46,377	37	53,62	0,362	0,547	DNS
S'assurer d'un grand nombre de répétions réussies	40	57,971	29	42,03	1,754	0,165	DNS

Dans leur pratique quotidienne, les enseignants guident les élèves dans la pratique du nouveau contenu (70,18%), donnant initialement des indices afin de diriger les élèves vers la bonne réponse; ils évitent la digression (87,72%); fournissent une rétroaction (80,70%), corrigent les erreurs des apprenants (82,46%) et s'assurent d'un grand nombre de répétition réussies (59,65%). Par contre, certains enseignent de nouveau si les élèves ont des difficultés, d'autres ne le font pas (p=0,547>0,05 et le chi-carré=0,362). Les uns s'assurent d'un grand nombre de répétitions réussies, et d'autres non (p=0,185>0,05 et le chi-carré=1,754).

Dans la globalité, la situation est décrite dans le tableau 4.11 ci-dessous:

Tableau 12. Résumé de pratique guidée de l'enseignant

Pratique guidée	f	%
Rarement	3	4,3
Quelques fois	18	26,1
Souvent	20	29,0
Très souvent	28	40,6
Total	69	100,0

Selon le contenu de ce tableau, il s'avère que souvent (29,0%) ou très souvent (40,6%), les enseignants guident les élèves lorsqu'il est question de nouvelles matières, ils évitent la digression et recourent à la rétroaction. De même, ils enseignent à nouveau si nécessaire et s'assurent qu'un grand nombre de répétition réussisse (p=0,001<0,05 et le chi-carré=17,32).

SOUS-THÈME 2. DANS L'ÉTAPE DE LA SUPERVISION DE LA PRATIQUE

La supervision de la pratique fait référence à la nature des questions et le taux de réussite à ces questions posées aux écoliers. Le condensé fait l'objet du tableau ci-dessous:

Tableau 13. L'étape de la supervision de la pratique

Caractéristiques des pratiques	Procédurale		Factuelle	
	f	%	f	%
Quelle est la nature de la majorité des questions posées ?	10	14,5	53	85,5

Des résultats de ce tableau, il est à constater que la nature de la majorité des questions posées par les enseignants est de nature factuelle.

SOUS-THÈME 3. PROCÉDURE DE LA VÉRIFICATION DE LA COMPRÉHENSION DE LA MATIÈRE

Ce dernier sous-thème voit la procédure de vérification de la compréhension de la matière par les écoliers. Nous répondons à la question de savoir comment les enseignants procèdent-ils pour cerner le niveau de compréhension de leurs élèves.

Tableau 14. Procédure de vérification

Caractéristiques des pratiques	Oui		Non		Khi carré	p	Déc.
	f	%	f	%			
Vérification fréquente (à chaque étape)	46	66,67	23	33,33	-	-	DS
Poser des questions à répondre oralement	50	72,46	19	27,54	-	-	DS
Poser des questions sur le contenu principal	60	86,96	9	13,04	-	-	DS
Poser des questions sur des éléments connexes	31	44,93	38	55,07	0,710	0,399	DNS
Poser des questions sur les procédés enseignés	36	52,17	33	47,83	0,130	0,718	DNS
Demander les réponses aux élèves oralement	32	46,38	37	53,62	0,362	0,547	DNS
Demander « avez-vous des questions ? » et s'il y en a pas, supposer que tous ont compris	31	44,93	38	55,07	0,710	0,399	DNS
L'enseignant recourt aux réponses à l'unisson	27	39,13	42	60,87	3,261	0,071	DNS
L'enseignant recourt aux réponses individuelles	61	88,41	8	11,59	-	-	-
Pointer les élèves pour répondre à la question	47	68,12	22	31,88	-	-	-
Pointer les élèves faibles seulement pour répondre aux questions	11	15,94	58	84,06	-	-	-
Pointer les élèves forts pour répondre aux questions	20	28,99	49	71,01	-	-	-
Pointer les élèves forts et faibles pour répondre aux questions	46	66,67	23	33,33	-	-	-
Demander aux élèves de résumer les règles ou procédés	20	28,99	49	71,01	-	-	-
Demander aux élèves d'écrire leur réponse pendant qu'il circule dans la classe	28	40,58	41	59,42	2,449	0,118	DNS
Regrouper les élèves afin de résumer la matière	20	28,99	49	71,01	-	-	-
Placer les élèves faibles devant l'enseignant	29	42,03	40	57,97	1,754	0,185	DNS

Dans leur procédure de vérification de la compréhension de la matière, la plupart d'enseignants le font après chaque étape et posent des questions oralement, aussi bien sur le contenu principal que sur les procédés enseignés. De même, ils recourent aux réponses individuelles, pointent les élèves (toutes catégories confondues) pour répondre à la question.

Par contre, d'autres posent des questions sur les éléments connexes, en recourant aux questions orales, ils supposent que les écoliers ont compris la leçon en cas de silence, soit ils recourent aux réponses à l'unisson. Certains pointent seulement les écoliers faibles seulement pour répondre aux questions, tandis que d'autres pointent les écoliers forts; ils demandent aux

écoliers de résumer les règles ou les procédés, demandent aux écoliers d'écrire leurs réponses pendant qu'ils circulent dans la classe, regroupent les écoliers afin de résumer la matière et placent les écoliers faibles devant l'enseignant.

D'une manière synthétique, la procédure de vérification se présente tel que décrit dans le tableau 15 ci-dessous:

Tableau 15. Résumé de procédure de vérification

Procédure de vérification	f	%
Quelques fois	34	49,3
Souvent	30	43,5
Très souvent	5	7,2
Total	69	100,0

Comme on peut s'en rendre compte, les enseignants vérifient quelques fois ou souvent la compréhension de la matière par les écoliers (p=0,000<0,05 et le chi-carré= 15,89).

THÈME 4. RÉTROACTION ET CORRECTION DES ERREURS (RÉ-ENSEIGNEMENT SI NÉCESSAIRE)

A ce niveau, il est ici question de la façon dont les enseignants et les écoliers échangent et surtout la manière dont les enseignants corrigent les erreurs commises par les écoliers. Le résultat à cet effet figure dans le tableau ci-dessous:

Tableau 16. Rétroaction et correction des erreurs

Rétroaction avec l'élève	Oui		Non		Khi carré	p	décision
	f	%	f	%			
Donne une réponse correcte, l'enseignant l'encourage	58	84,06	11	15,94	-	-	-
Produit une réponse correcte mais hésitante, l'enseignant explique à nouveau les procédés, et l'encourage	54	78,26	15	21,74	-	-	-
Fournit une réponse incorrecte, l'enseignant corrige et continue la leçon	55	79,71	14	20,29	-	-	-
Donne une réponse incorrecte due au manque de connaissance, l'enseignant l'aide à trouver la bonne réponse	49	71,01	20	28,99	-	-	-
Produit une réponse incorrecte, l'enseignant enseigne à nouveau à l'élève qui n'a pas appris.	49	71,01	20	28,99	-	-	-

Selon la rétroaction et correction des erreurs, la majorité des enseignants encouragent non seulement les écoliers qui donnent des réponses correctes, rapides avec assurance, mais aussi ceux qui donnent des réponses correctes en hésitant. Et lorsque l'écolier donne une réponse "incorrecte mais insouciante, " l'enseignant le corrige et continue avec la leçon. L'enseignant donne à l'écolier des indices afin de l'aider à trouver la bonne réponse lorsque ces derniers fournissent des réponses dues à un manque de connaissance des faits ou des processus.

Globalement, la situation se présente comme suit:

Tableau 17. Résumé de la rétroaction et correction des erreurs

Rétroaction	f	%
Rarement	4	5,8
Quelques fois	5	7,2
Souvent	17	24,6
Très souvent	43	62,3
Total	69	100,0

En lisant le contenu de ce tableau, il se fait observer que les enseignants recourent souvent (24,6%) ou très souvent (62,3%) à la rétroaction (p=0,000<0,05 et le chi-carré=58,29).

THÈME 5. PRATIQUE INDIVIDUELLE

Ce thème traitant des pratiques individuelles explicite comment les enseignants se comportent pendant que les écoliers réalisent un travail. L'essentiel figure dans le tableau 18 de la manière suivante:

Tableau 18. Pratiques individuelles

Caractéristiques des pratiques	Oui		Non		Khi carré	p	décision
	f	%	f	%			
Plusieurs explications avant le travail individuel	46	66,67	23	33,33	-	-	-
Circuler pendant le travail, expliquer, observer, poser des questions et donner une rétroaction	36	52,17	33	47,83	0,130	0,718	DNS
Avoir des contacts brefs avec les élèves (30 secondes au moins)	25	36,23	44	63,77	-	-	-
Prévoir plusieurs segments de travaux individuels pour des contenus difficiles	19	27,54	50	72,46	-	-	-
Mise en place d'une routine de travail aux élèves	23	33,33	46	66,67	-	-	-

Dans la pratique individuelle, les enseignants donnent beaucoup d'explications avant de donner un travail individuel. Par contre, ils ne créent pas de brefs contacts avec les élèves, ne posent pas de questions avant de laisser les élèves travailler individuellement; ils ne prévoient pas de segments de travaux individuels pour des contenus difficiles et ne mettent en place une routine pour le travail individuel afin que les élèves sachent quoi faire, comment demander de l'aide et ce qu'ils devront faire lorsqu'ils auraient terminé le travail. Néanmoins, certains enseignants circulent pendant le travail individuel, donnent des explications, observent, posent des questions et donnent une rétroaction, même si d'autres ne le font pas.

En résumé nous constatons ce qui suit:

Tableau 19. Résumé des pratiques individuelles

Pratique	f	%
Rarement	30	43,5
Quelques fois	10	14,5
Souvent	11	15,9
Très souvent	18	26,1
Total	69	100,0

Comme on peut s'en rendre compte, la majorité des enquêtés font rarement (43,5%) ou quelques fois (14,5%) référence aux pratiques individuelles ($p=0,002<0,05$ et chi-carré=15,07).

4 DISCUSSION DES RESULTATS

Partant des résultats obtenus, il s'est dégagé que beaucoup d'enseignants vérifient les devoirs, mais ne recourent pas au sur-apprentissage (si nécessaire) et ne donnent pas des brèves interrogations au début du cours à propos du contenu de la leçon précédente. Ils ne demandent pas aux élèves de corriger les devoirs ou les interrogations de leurs pairs, ni de se regrouper en petits groupes (2-4 élèves) pour réviser leur devoir. Par contre, ils préparent les questions à propos de la leçon précédente et les posent à leurs pairs. Ils n'encouragent pas leurs apprenants à rédiger un résumé écrit de la leçon précédente, de questionner l'enseignant à propos des problèmes éprouvés lors de la résolution des devoirs, afin que l'enseignant l'aide à revoir sa matière.

D'une façon générale, on se rend compte que les enseignants révisent rarement les matières enseignées et ne procèdent pas à la vérification de leur assimilation par les élèves. Ces résultats sont aussi confirmés par Rosenshine et Steven (1986).

En effet, le travail de l'enseignement exige beaucoup de courage et d'abnégation comme l'affirme Ekwa (2004): les conditions dans lesquelles ils travaillent peuvent ne pas leur permettre de réaliser un travail de qualité. Aussi, la formation pédagogique de certains enseignants pose encore des problèmes, car certains exercent le métier d'enseignant par manque d'autres emplois (Mokonzi, 2009). On peut ajouter aussi le poids de la gratuité de l'enseignement qui fait en sorte que les enseignants abandonnent la mission primordiale d'un éducateur à cause des aléas de la vie.

Au-delà de ça, l'enseignant doit savoir qu'enseigner est une tâche contraignante dans la mesure où l'exercice de métier d'enseignement requiert de ce dernier non seulement une bonne formation générale mais aussi une solide formation professionnelle. Dans ce sens, ce qu'apprend une personne dépend non seulement de ce qu'on lui enseigne mais aussi de la manière dont on le lui enseigne, de son niveau de développement, et de ses intérêts et de son vécu.

Concernant la présentation du nouveau contenu et des habiletés, les enseignants se montrent performants à travers la présentation des buts et éléments principaux, la présentation par étapes de la leçon, les stratégies spécifiques et concrètes, la vérification de la compréhension des élèves. Ces résultats corroborent ceux de Rosenshine & Steven (1986) qui avaient conclu que les enseignants efficaces passent plus de temps à expliquer la matière comparativement aux moins efficaces. En précisant ainsi les éléments contenus dans les objectifs, l'enseignant rend claires et compréhensibles ses leçons.

Les enquêtés donnent des explications détaillées et redondantes lorsque le contenu est difficile et fournissent des exemples concrets et variés pour permettre une bonne assimilation des notions enseignées.

Dans leur majorité, les enseignants s'assurent que les écoliers comprennent un élément avant de passer au suivant; ils posent des questions aux élèves afin de vérifier la compréhension du contenu. Cet enseignement par séquence est une bonne pratique car il permet d'évoluer sûrement, en suivant le rythme de chaque apprenant, ce qui renforce la pédagogie différenciée. Par contre, ils ne demandent pas aux écoliers de résumer les points principaux dans leurs propres mots et n'enseignent pas à nouveaux les parties moins bien comprises par les apprenants, soit par un ré-enseignement, soit par un tutorat entre élèves. Agissant ainsi, ils le bloquent à bien assimiler les notions, car un principe psychologique dit: « ce que l'enfant découvre soi-même, il le retient le plus longtemps possible ». À John Dewey d'ajouter que le meilleur apprentissage c'est lorsqu'on apprend en même temps qu'on agit.

En ce qui concerne la supervision de la pratique des élèves (et vérification de la compréhension), nous avons noté que les enquêtés guident les apprenants, supervisent leurs pratiques par de multiples questions, en leur donnant une rétroaction. Ils évitent des digressions, corrigent les erreurs commises par les élèves. Par contre, ils hésitent de ré-enseigner la même matière lorsqu'ils découvrent que les élèves ne l'ont pas maitrisée.

Ces résultats sont aussi confirmés par O'Neill (1988) lorsqu'il affirme que les enseignants efficaces supervisent continuellement les expériences d'apprentissage des élèves (Anderson 1981). Aussi, les enseignants doivent-ils superviser constamment le progrès des écoliers en circulant dans la classe pendant les périodes de travail (Brophy & Evertson, 1976). Pour cela, il faut encourager le recours à la pédagogie nouvelle. En termes simples, la pédagogie nouvelle est l'ensemble de nouvelles méthodes d'apprentissage; elle n'est pas axée sur l'enseignement ou l'évaluation des apprenants. Elle est plutôt une façon d'apprendre qui aide les écoliers à être des apprenants plus actifs, ce qui laisse comprendre qu'ils doivent jouer un rôle actif dans leur propre formation.

L'objectif de la pédagogie nouvelle est d'enseigner aux élèves comment apprendre et comment penser de manière critique ce qui les aidera à devenir de meilleurs apprenants. La pédagogie nouvelle vise à former de futurs adultes autonomes, capables de se prendre en charge. C'est un changement dans la vision traditionnelle de l'éducation, qui est davantage axée sur la mémorisation et le respect des règles. Cette nouvelle pédagogie met l'accent sur le développement d'aptitudes et de compétences pour une vie meilleure.

Le processus enseignement-apprentissage évolue souvent par le jeu de questions-réponses guidé par l'enseignant. Ces questions sont importantes pour faire avancer et progresser les élèves dans l'acquisition des matières. Les auteurs comme Bissonnette, Gauthier, et Castonguay (2013); Archer et Hughes (2011), ont prouvé que la forme et le nombre de questions posées lors d'une leçon donnent de la valeur à celle-ci et facilitent l'assimilation des matières par les élèves. Ces auteurs estiment que « *les questions des enseignants doivent se faire de manière aléatoire et ne peuvent pas concerner uniquement les élèves qui lèvent la main*».

Il s'est remarqué que les enseignants évaluent les élèves par des questions (orales ou écrites) mais en recourant le plus à des questions de nature factuelle que procédurale.

Il est vrai que la pédagogie exige qu'un enseignant s'intéresse à tous les élèves de sa classe lors de l'enseignement. Mais dans une classe pléthorique (comme c'est le cas dans notre étude), il est souvent difficile qu'un enseignant respecte ce principe. Le plus souvent, la leçon est centrée sur l'élève ayant l'intelligence douée. Ceci a comme conséquence la négligence des élèves moyens et ceux qui ont le retard dans la compréhension des notions. La concentration de 30 secondes au moins pour chaque élève, dans une classe de 50 apprenants, ne permettra plus à l'enseignant d'achever la leçon préparée.

Il n'est pas aussi autorisé de mettre dans une même salle de classe tous les élèves qui éprouvent des difficultés d'apprentissage. A ce moment, on violerait le principe de la pédagogie différenciée qui prône le contraire. Une des possibilités serait la réduction des effectifs dans les salles de classes pour permettre aux enseignants de faire le suivi de chaque apprenant.

Or, dans les écoles congolaises il fait voir que si la collation est autorisée peu importe l'effectif pourvu l'acquisition d'une bonne somme d'argent à la fin du mois.

5 CONCLUSION

À l'issue d'une démarche méthodologique rigoureusement conduite, l'analyse des pratiques pédagogiques des enseignants de 6e année primaire en mathématiques à Bunia met en évidence plusieurs constats structurants. Les pratiques de révision et de vérification du travail journalier sont peu mobilisées, ce qui indique une faible intégration de la révision systématique dans les séances de mathématiques. En revanche, la clarté des leçons est généralement assurée, les objectifs pédagogiques étant explicités, les contenus présentés de manière progressive et structurée, et les explications accompagnées d'exemples concrets et variés, particulièrement lors de la présentation des notions complexes.

La majorité des enseignants adopte une démarche explicite en guidant les élèves lors de l'introduction des nouvelles notions, en évitant les digressions et en ré-enseignant les parties moins maîtrisées, ce qui témoigne d'une volonté de soutenir la compréhension. La vérification de la compréhension est opérée de manière régulière (quoique non systématique), principalement par des questions orales, mais reste dominée par des questions de nature factuelle, avec une faible utilisation de la ré-prise explicite des erreurs et des résumés oraux ou écrits par les élèves. La rétroaction est, en revanche, largement mise en œuvre, les enseignants corrigeant les erreurs, encourageant les élèves et les aidant à parvenir à la bonne réponse.

En revanche, les pratiques individuelles supervisées sont peu développées, ce qui limite les opportunités d'entraînement autonome, de différenciation et de suivi personnalisé dans des classes souvent surchargées. Globalement, ces résultats confirment une forte maîtrise des dimensions de clarté et de guidage explicite, mais révèlent des lacunes notables en matière de révision quotidienne, de différenciation pédagogique et de pratique individuelle, freins importants à l'optimisation des apprentissages en mathématiques au niveau de la 6e année primaire à Bunia.

REFERENCES

[1] Archer, A.L., & Hughes, C.A. (2011). Explicit instruction: Effective and efficient teaching. New York: Guilford Press.

[2] Attali, A. et Bressoux, P. (2002). L'évaluation des pratiques éducatives dans les premiers et seconds degrés: rapport suivi de l'avis du Haut conseil de l'évaluation de l'école. Paris: Haut conseil de l'évaluation de l'école.

[3] Bissonnette, S., Gauthier, C., & Castonguay, M. (2016). L'enseignement explicite des comportements. Pour une gestion efficace des élèves en classe et dans l'école. Montréal, Chenelière Éducation.

[4] Brophy, J. and Evertson, C. (1976). *Learning from teaching: A developmental perspective* 1976 Boston Allyn & Bacon.

[5] Creemers et Kyriakides (2010).

[6] Depelteau, F. (2011). La démarche d'une recherche en sciences humaines, Québec: Presse universitaire de Laval.

[7] Duguet, A. (2013). De la description des pratiques pédagogiques des enseignants universitaires à la mise à jour de leur variété, In Actes du colloque «Colloque doctoral international de l'éducation et de la formation. Nantes: 28 -29 novembre 2013 (actes en ligne: http://www.cren.univ-nantes.fr/).

[8] Ekwa. (2004). *Ecole trahie.* Kinshasa: Cadicec.

[9] Hattie, J. A. C. (2009). *Visible Learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge. (Méta-analyses sur les tailles d'effet en éducation).

[10] Mokonzi, G. (2009). De l'école de la médiocrité à l'école de l'excellence au Congo-Kinshasa. Paris: L'Harmattan.

[11] O'Neill (1988).

[12] Rosenshine, B. et Stevens, R. (1986). Teaching functions. Dans M. C. Wittrock (dir.), *Handbook of research on teaching* (3e éd., p. 376-391). New York, NY: Macmillan.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 1041-1052
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Petrophysical Evaluation of Reservoir Quality from Well Logs of the Sokor-1 Formation, Termit Basin, Southeastern Niger

M.A.I. Ari[1], M.E. Nton[2], and M. Harouna[3]

[1]Petroleum Geosciences Program, Pan African University Life and Earth Sciences Institute (including Health and Agriculture), Ibadan, Oyo State, Nigeria

[2]Department of Geology, University of Ibadan, Ibadan, Oyo State, Nigeria

[3]Department of Geology, Abdou Moumouni University, Niamey, Niger

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

ABSTRACT: This study presents petrophysical analysis of the Sokor-1 Formation, Termit Basin, Southeastern Niger, using well log data from six wells to assess reservoir quality and hydrocarbon potential. Five sand groups (E-1 to E-5) were analyzed for net-to-gross ratio (NTG), shale volume (Vsh), porosity (Φ), permeability (K), and hydrocarbon saturation (Sh). The results indicate clear variations in reservoir properties across sand groups and wells. E-1 exhibits the highest reservoir quality, with high porosity (27–33%), low to moderate shale content (10–19%), high permeability (up to 208 mD), and high hydrocarbon saturation (up to 56%), reflecting well-developed fluvial channel sandstones. E-2 and E-3 show moderate and heterogeneous reservoir characteristics, with NTG and permeability strongly influenced by shale content and depositional heterogeneity. E-4 contains very clean sandstones with moderate connectivity, while E-5 shows consistent reservoir properties across wells, with good NTG, porosity, and hydrocarbon saturation. These variations highlight the influence that could have depositional facies and diagenetic processes on reservoir storage and fluid flow in the Sokor-1 Formation. The study demonstrates that integrated petrophysical analysis provides a reliable framework for assessing hydrocarbon potential and guiding exploration in heterogeneous sand-dominated systems.

KEYWORDS: Fana low uplift, Sokor-1 Formation, Petrophysical analysis, Reservoir quality.

1 INTRODUCTION

Hydrocarbons are commonly found in sandstone, carbonate, and shale formations, as well as basement (Ezekwe, 2010). The reservoir rocks that contain oil and gas accumulations are broadly sandstones and carbonates (Ezekwe, 2011; Dandekar, 2013; Ganat, 2019). Rift basins are well known as prolific hydrocarbon-bearing provinces worldwide (Lambiase and Morley, 1999).

The West and Central African Rift System (WCARS) is a typical intracontinental Cretaceous-Paleogene rift system (Fig. 1a). Strike-slip and extensional basins were formed mainly by the mechanical separation of the African crustal block during the Early Cretaceous on Precambrian crystalline and metamorphic basement (Fairhead, 1988; Binks and Fairhead, 1992; Guiraud and Maurin, 1992; Genik, 1993; Fairhead et al., 2013). Rifting was stronger in the Early Cretaceous and Paleogene and weaker in the Late Cretaceous (Dou *et al*., 2007). Oil pay zones include the Lower Cretaceous strata in the Doba and Doseo Basins in Chad, Muglad Basin in Sudan, Upper Cretaceous in the Muglad Basin of Sudan, in the Doba Basin of Chad, and in the Termit Basin of Niger, and Paleogene in the Termit Basin of Niger and Melut Basins of Sudan (Dou *et al*., 2007; Mahgoub et al., 2016). Structurally complex reservoirs form a distinct class of reservoir in which fault arrays and fracture networks, in particular, exert an overriding control on petroleum trapping and production behavior (Sorkhabi & Tsuji, 2005). It is essential to fully understand the reservoir properties, including porosity, the thickness of the water-saturated zone, and the extent of the reservoir, to assess recoverable hydrocarbons (Schlumberger, 1989). These factors are critical because they form the basis for reservoir volumetric analysis, which is used to measure the quantity of hydrocarbons present (Edwards & Santogrossi, 1990). The primary reservoirs are in the Sokor-1 Formation, mostly sandstones, which host significant hydrocarbon reserves in the Termit Basin (Liu et al., 2015, 2017). Fu and Sun (2012) addressed the study of sequences, stratigraphy, and sedimentary systems of the Paleogene. Study of Cretaceous Sequential Stratigraphy and Sedimentary Systems in the Termit Basin of West Africa (Tang et al., 2015). Chang and

Zung (2017) studied Eocene Sokor-1 Reservoir Characterization of the Formation and 3D Characterization; Nasaruddin et al. (2017) studied the petrophysical analysis of the E5 sand group of Sokor-1 Formation; Diagenesis and reservoir quality evolution of the Paleogene Sokor-1 Formation were carried out by Hamma and Harouna (2019). Well-Based Quantitative Reservoir Characterization of the Eocene Sokor-1 Formation and rock physics studies have been done by Amadou et al. (2021a). Hamma et al. (2022) investigated the Effect of Oil in Place on Sandstone Reservoir Quality of Dibeilla Prospect. Ari et al. (2024) characterized the reservoir fluid of the Sokor1 Formation, Fana tectonic unit. Prospect evaluation of the Paleogene Sokor-1 reservoirs in Fana Field, Termit Basin, using geophysical well logs and sedimentological data was conducted by Issaka et al. (2024). Limited studies on sand group reservoir properties and unreliable shale volume estimates hinder reservoir assessment in the Fana area, necessitating a focused evaluation of petrophysical parameters. This paper aims to evaluate the petrophysical properties from well logs analysis of the Sokor-1 Formation in the Fana Low Uplift, Termit Basin, southeastern Niger (Fig. 1b).

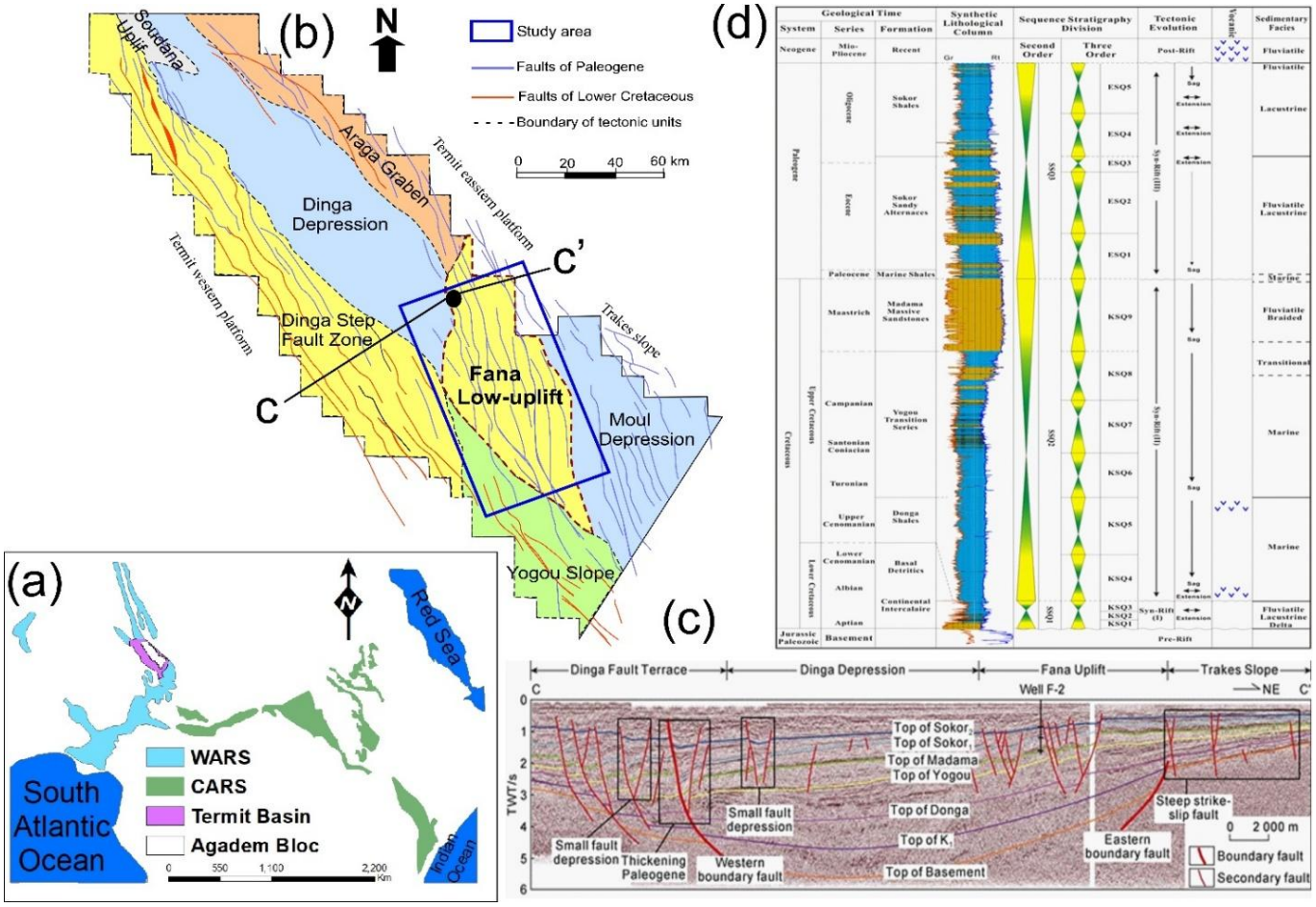


Fig. 1. (a) Map of West and Central African rift system with the location of Termit Basin (Genik, 1993); (b) Structural unit division of the Termit Basin with study area location; (c) Stratigraphic column of the Termit Basin (CNPC, 2012); (d) Seismic section in the central Termit Basin (Wang et al., 2022)

2 GEOLOGICAL OVERVIEW

The study area is located in the Agadem oil block, where the Fana low uplift separates the Dinga and Moul depressions (Fig. 1b), which are important source-rock areas (CNPC, 2012; Mao et al., 2019; Lai et al., 2019). This rift system formed from the breakup of Gondwana and the opening of the Atlantic and Indian Oceans in the early Cretaceous (Fairhead, 1986; Genik, 1993; Zanguina et al., 1998). Termit Basin evolved through multiple tectonic phases from the Pan-African to the Neogene (Fig. 1c). Two types of fault systems control this basin (Fig. 1c): the first is a NW-SE-trending fault, corresponding to Lower Cretaceous faults that were reactivated during the Paleogene, while the second is a NNE-SSE-trending fault, which is recent and formed during the Paleogene (Wang et al., 2022). The Precambrian to Jurassic crystalline basement of the Termit Basin (Fig. 1d) is unconformably overlain by a sedimentary succession, ranging from the early Cretaceous to the Quaternary (Zanguina et al., 1998). These formations are of continental and marine origin. They consist mainly of mudstone, sandstone, shale, siltstone, and sand (Wan et al., 2014; Lai et al., 2018).

Most petroleum was generated from the Upper marine source rocks of the Yogou Formation, which are in the early to mid-maturity stages, while the Donga source rocks are mature to over-mature. The Upper Cretaceous sandstones of the Madama formation constitute

secondary reservoirs in the Termit Basin (Genik, 1993; Zanguina et al., 1998; Harouna & Philp, 2012; Wan et al., 2014; Liu et al., 2015, 2017; Lihong et al., 2017; Hamma et al., 2023; Ari et al., 2025). The Sokor-1 source rocks are thermally mature to immature, whereas those of Sokor-2 are thermally immature in most areas (Harouna et al., 2012; Wan et al., 2014; Hamma et al., 2023). The oil discoveries from the Termit Basin mainly occur in the Sokor-1 reservoirs (Genik, 1993; Harouna and Philp, 2012; Xiao et al., 2019). The Sokor-1 Formation is divided into five distinct sand groups, E1-E5 sand groups. Each sand group contains reservoir units mostly sandstones interbedded with mudstones (Hamma & Harouna, 2019; Ari et al., 2024). The thick mudstones of the Sokor-2 Formation (Fig. 1) represent the regional seal for the Sokor-1 reservoirs (Genik, 1993; Wan et al., 2014; Hamma and Harouna, 2019; Wang et al., 2022). Neogene sediments are dominated by quartz- and feldspar-rich fluvial sandstones interbedded with mudstones and occasional gravels, unconformably overlying the Paleogene (Fig. 1). Quaternary deposits are primarily aeolian sands (CNPCNP, 2012).

3 DATASET AND METHODS

3.1 DATASET

The data used in this study are the wireline logs from the Sokor-1 Formation. These data from six wells, F-1 to F-6, include gamma-ray (Gr), resistivity (LLD), neutron, and density logs. The NW-SE-oriented wells (Fig. 2) are in the Fana low uplift tectonic unit in the Agadem oil block, Termit Basin (Fig. 1).

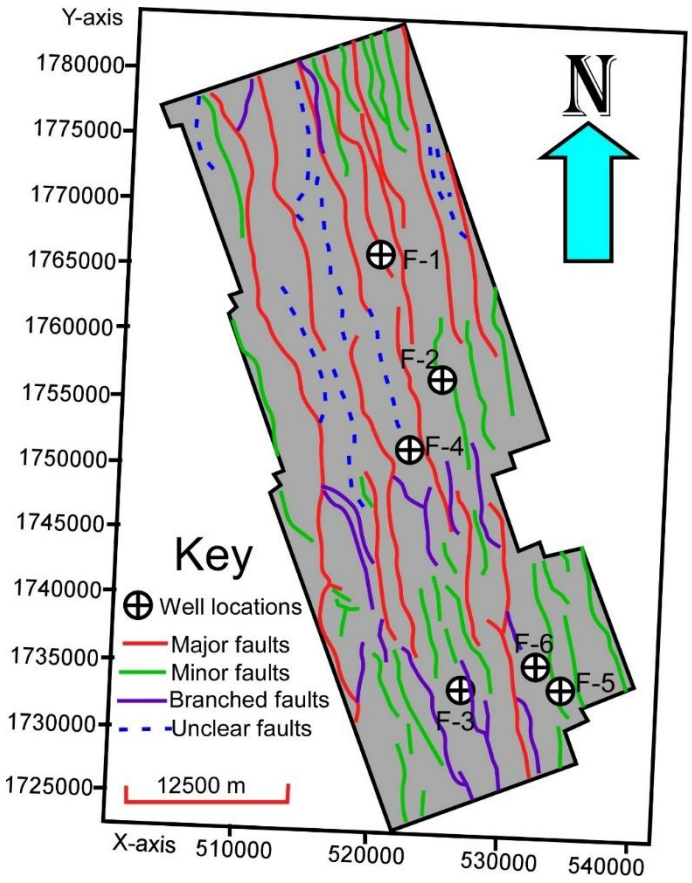


Fig. 2. Wells locations within the Fana field

3.2 METHODS

Reservoir units from the Sokor-1 Formation were differentiated from non-reservoirs by using the gamma-ray logs combined with resistivity, neutron, and density logs (Asquith and Gibson, 2004; Darling, 2005; Cannon, 2016). Standard petrophysical interpretation techniques were used to evaluate the reservoir petrophysical properties of the wells. In this work, the parameters determined are net-to-gross, volume of shale (Vsh), porosity (Φ), permeability (k), water saturation (Sw), and hydrocarbon saturation (Sh).

The net-to-gross (NTG) ratio is an essential parameter of a reservoir because it reflects the degree of cleanness of the reservoir. A gamma-ray log is used to determine gross reservoir thickness and net reservoir thickness (Bate et al., 2023), as illustrated below by the following formulas.

Gross sand thickness (GST) = Base of sand - Top of sand (1)

Net sand thickness (NST) = Gross sand thickness –shale thickness (2)

Net-to-gross (NTG) $=\frac{NST}{GST}$ (3)

The shale volume (Vsh) was calculated using the Larionov formula, as the Sokor-1 Formation is a Tertiary sedimentary rock.

$Vsh=0.083*(2^{3.7*IGR}-1)$ (4)

$I_{GR}=\frac{GRlog-Grmin}{GRmax-GRmin}$ (5)

Where:

I_{GR} = Gamma-ray index; GRlog = Gamma-ray log reading in the zone of interest; GRmax = Maximum gamma-ray reading for the shale; GRmin = Minimum gamma-ray reading for the clean sand.

The total porosity was calculated from density logs using the density of the matrix value of 2.65 gm/cc and the density of the fluid as derived from the neutron/density cross plot. The effective porosity was deduced by including the volume of shale in the total porosity using the following equations.

Total porosity $(\Phi T)=\frac{\rho ma-\rho b}{\rho ma-\rho f}$ (6)

Total porosity of shale $(\Phi Tsh)=\frac{\rho ma-\rho sh}{\rho ma-\rho f}$ (7)

Effective porosity $(\Phi E)=\Phi t-(\Phi Tsh*VSh)$ (8)

Where:

ρma= density of the matrix; $\rho b=$ bulk density; $\rho f=fluid\ density$.

The permeability values in this work were deduced using the formula below, established by Tixier (1949).

$K=\left[\frac{250*\Phi 3}{Swir}\right]^2$ (9)

Where:

K=permeability (mD); Swir=Irreducible water saturation (%); ΦT=Total porosity (%).

The Schlumberger method below is used to calculate the irreducible water saturation, Swir.

Irreducible water saturation (Swir) = $(F/200)^{1/2}$ (10)

Obtaining a reliable estimation of water saturation requires several empirical relationships; these relationships were established in a series of experiments undertaken by Archie (1942) using the following formula.

Water saturation (Sw) $=\sqrt[n]{\frac{Rw.F}{Rt}}$ (11)

Where:

Sw=the water saturation; a=the tortuosity factor; Rw represents the degree of water resistivity; Rt=the true resistivity of the hole; F = the formation factor; n = lithology-dependent factor.

Hydrocarbon saturation (Sh) is calculated from water saturation by the following equation.

Hydrocarbon saturation (Sh) =1-Sw (12)

4 RESULTS AND INTERPRETATION

4.1 PETROPHYSICAL PROPERTIES OF THE RESERVOIRS

The petrophysical evaluation of reservoir units of the E-1 to E-5 sand groups across wells F-1 to F-6 reveals significant variations in reservoir quality in terms of net-to-gross ratio (NTG), shale volume (Vsh), porosity (Φ), permeability (K), and hydrocarbon saturation (Sh) (Table 1).

The net-to-gross ratio (NTG) ranges from 0.34 in well F-4 to 0.88 in well F-2. The high NTG observed in well F-2 suggests a thick proportion of reservoir-quality sandstone, whereas the lower value in well F-4 indicates a relatively thinner net reservoir interval. The shale volume (Vsh) varies from 9.9% in well F-3 to 19.3% in well F-1, reflecting moderate clay content across the wells. Lower shale content in wells such as wells F-2 and F-3 indicates cleaner sandstone intervals that are favorable for reservoir development. Porosity (Φ) ranges from 27.55% in well F-5 to 33.3% in well F-2, indicating a very good pore storage capacity throughout the sand group. Permeability (K) varies widely, ranging from 54.08 mD in well F-6 to 208.09 mD in well F-3. Such high permeability values in some wells suggest well-sorted and highly connected pore networks. The hydrocarbon saturation (Sh) varies between 27.3% and 56.3%, with the highest value observed in well F-2, indicating significant hydrocarbon accumulation in this well. Overall, the variation in the E-1 sand group reservoir units indicates good reservoir quality but heterogeneous distribution of reservoir properties across wells.

Table 1. Petrophysical properties of the sand group reservoirs of the studied wells F-1 to F-6

Wells name	Reservoir units	NTG	Vsh (%)	Φ (%)	K (mD)	Sh (%)
F-1	E-1	0.50	19.30	30.00	88.90	27.30
F-2	E-1	0.88	12.40	33.30	198.77	56.30
F-3	E-1	0.73	9.90	28.00	208.09	53.95
F-4	E-1	0.34	11.90	31.00	72.13	37.30
F-5	E-1	0.52	18.70	27.55	54.33	35.70
F-6	E-1	0.46	13.65	29.85	54.06	36.10
Average values		0.57	14.31	29.95	112.71	41.11
F-1	E-2	0.31	20.23	27.70	61.63	27.57
F-2	E-2	0.72	14.70	31.45	83.36	38.15
F-3	E-2	0.32	11.40	28.50	56.95	38.80
F-4	E-2	0.25	8.65	28.60	60.63	37.45
F-5	E-2	0.69	10.75	31.05	159.21	52.05
F-6	E-2	0.06	8.90	32.60	67.69	22.10
Average values		0.41	0.41	29.60	81.07	36.50
F-1	E-3	0.46	16.70	28.35	79.10	32.65
F-2	E-3	0.68	5.80	30.25	92.72	39.10
F-3	E-3	0.60	3.60	26.80	52.82	35.10
F-4	E-3	0.64	8.50	29.25	53.15	30.05
F-5	E-3	0.18	25.40	27.80	17.27	30.00
F-6	E-3	0.36	6.90	29.65	55.22	26.55
Average values		0.5	0.50	29.00	63.10	32.20
F-3	E-4	0.50	1.70	24.80	46.93	39.40
F-4	E-4	0.28	3.20	28.60	55.37	26.20
Average values		0.17	0.17	26.70	13.82	32.80
F-3	E-5	0.66	7.60	24.90	39.67	38.70
F-4	E-5	0.61	13.50	29.90	50.55	33.50
Average values		0.65	0.65	26.60	43.29	37.00

Reservoir units in sand group E-2 also show considerable variability in petrophysical parameters between wells. The NTG values range from 0.06 in well F-6 to 0.72 in well F-2, indicating a strong variation in sandstone thickness across the study area. The shale volume varies between 8.65% and 20.23%, suggesting alternating sandstone and shale intervals. Higher shale content in some wells may reduce effective reservoir quality. The porosity values range from 27.7% to 32.6%, indicating good reservoir storage capacity across the wells. The permeability ranges from 56.95 mD in well F-3 to 159.21 mD in well F-5, reflecting differences in pore connectivity and possibly variations in grain sorting and diagenesis. The hydrocarbon saturation varies between 22.1% and 52.05%, indicating uneven hydrocarbon distribution across the sand group. Overall, the variation of reservoir properties in sand group E-2 reflects heterogeneous reservoir conditions probably controlled by lithological variability and shale distribution.

Sand group reservoir units E-3 exhibit moderate variability in petrophysical properties across wells. The NTG values range from 0.18 in well F-5 to 0.68 in well F-2, suggesting variations in the thickness and continuity of the reservoir sandstone bodies. The shale volume ranges from 3.6% in well F-3 to 25.4% in well F-5, indicating strong lithological heterogeneity. The low shale content in wells such as well F-2 and well F-3 suggests cleaner sandstone intervals. The porosity ranges between 26.8% and 30.25%, indicating consistently good storage capacity across the sand group. The permeability varies from 17.27 mD in well F-5 to 92.72 mD in well F-2, indicating moderate fluid flow potential but with significant variability. The hydrocarbon saturation ranges between 26.55% and 39.10%, suggesting moderate hydrocarbon presence. Overall, reservoir quality in sand group E-3 is strongly influenced by variations in shale content and sandstone distribution. In contrast, reservoir units in the E-3 sand group show relatively lower reservoir quality. Although the shale volume remains low (10.48%), the NTG decreases to 36.45%, indicating thinner or less continuous reservoir sands. The porosity remains relatively high at 29% (Table 1), but permeability decreases to 63.10 mD, suggesting moderate reservoir performance. Hydrocarbon saturation averages 32.20%, reflecting moderate hydrocarbon presence within the units.

Sand group E-4 is represented by wells F-3 and F-4 and shows relatively uniform petrophysical characteristics of reservoirs. The NTG values range from 0.28 in well F-4 to 0.50 in well F-3, indicating moderate reservoir development. The shale volume is very low, ranging between 1.7% and 3.2%, suggesting extremely clean sandstone intervals. The porosity varies from 24.8% to 28.6%, indicating good pore storage capacity. The permeability ranges between 46.93 mD and 55.37 mD, suggesting moderate reservoir connectivity. The hydrocarbon saturation varies between 26.2% and 39.4%, indicating moderate hydrocarbon accumulation. Overall, E-4 represents clean sandstones with moderate reservoir quality. Reservoir units within sand group E-4 exhibit the lowest NTG values (approximately 28%), suggesting limited reservoir thickness or lateral continuity. However, the shale content is very low (2.45%), indicating very clean sandstone intervals. The porosity averages 26.70%, while permeability is moderate (≈44 mD). Despite the relatively good porosity, the reduced NTG and permeability suggest that sand group E-4 reservoirs represent a moderately productive reservoir units.

Sand group E-5 also occurs in wells F-3 and F-4 and shows relatively consistent reservoir properties. The NTG values range between 0.61 and 0.66, indicating well-developed sandstone bodies. The shale volume ranges from 7.6% to 13.5%, suggesting moderate clay content. The porosity varies between 24.9% and 29.9%, reflecting good reservoir storage capacity. The permeability ranges from 39.67 mD to 50.55 mD, indicating moderate fluid flow potential. The hydrocarbon saturation varies between 33.5% and 38.7%, suggesting favorable hydrocarbon presence. Overall, E-5 shows relatively stable reservoir properties across wells, indicating a consistent depositional environment. The sand group E-5 has reservoir units that show relatively favorable characteristics, with a high NTG of 61.30% and a low shale volume of 9.60%, indicating well-developed reservoir sands. The average porosity is 26.60%, while permeability averages 43.29 mD, suggesting moderate fluid flow capacity. Hydrocarbon saturation values of approximately 37% indicate the presence of economically significant hydrocarbon accumulations.

4.2 COMPARISION OF RESERVOIR PROPERTIES ACROSS SAND GROUPS BETWEEN WELLS

Fig. 3 illustrates the comparison between reservoir properties in each sand group across wells. The net-to-gross ratio (NTG) shows relatively high values in wells F-2 and F-3, indicating thicker sandstone intervals and better reservoir development. In contrast, wells F-4 and F-5 display slightly lower NTG values, suggesting increased shale intercalation. The shale volume (Vsh) is generally low to moderate across the wells, but slightly elevated in wells F-1 and F-4, which may negatively influence reservoir quality by reducing effective pore connectivity. Porosity (Φ) values are moderate across most wells, with F-2 and F-3 showing slightly higher porosity, implying well-sorted sandstone with favorable pore space. A significant observation is the high permeability (K) in well F-3, which indicates efficient fluid-flow pathways likely associated with coarse-grained or better-sorted sandstone facies. Hydrocarbon saturation (Sh) remains moderate across the wells, suggesting the presence of hydrocarbons but with variable accumulation efficiency. Overall, the E-1 sand group reservoir units have moderate reservoir quality with localized zones of enhanced permeability, particularly around wells F-2 and F-3 (Fig. 3).

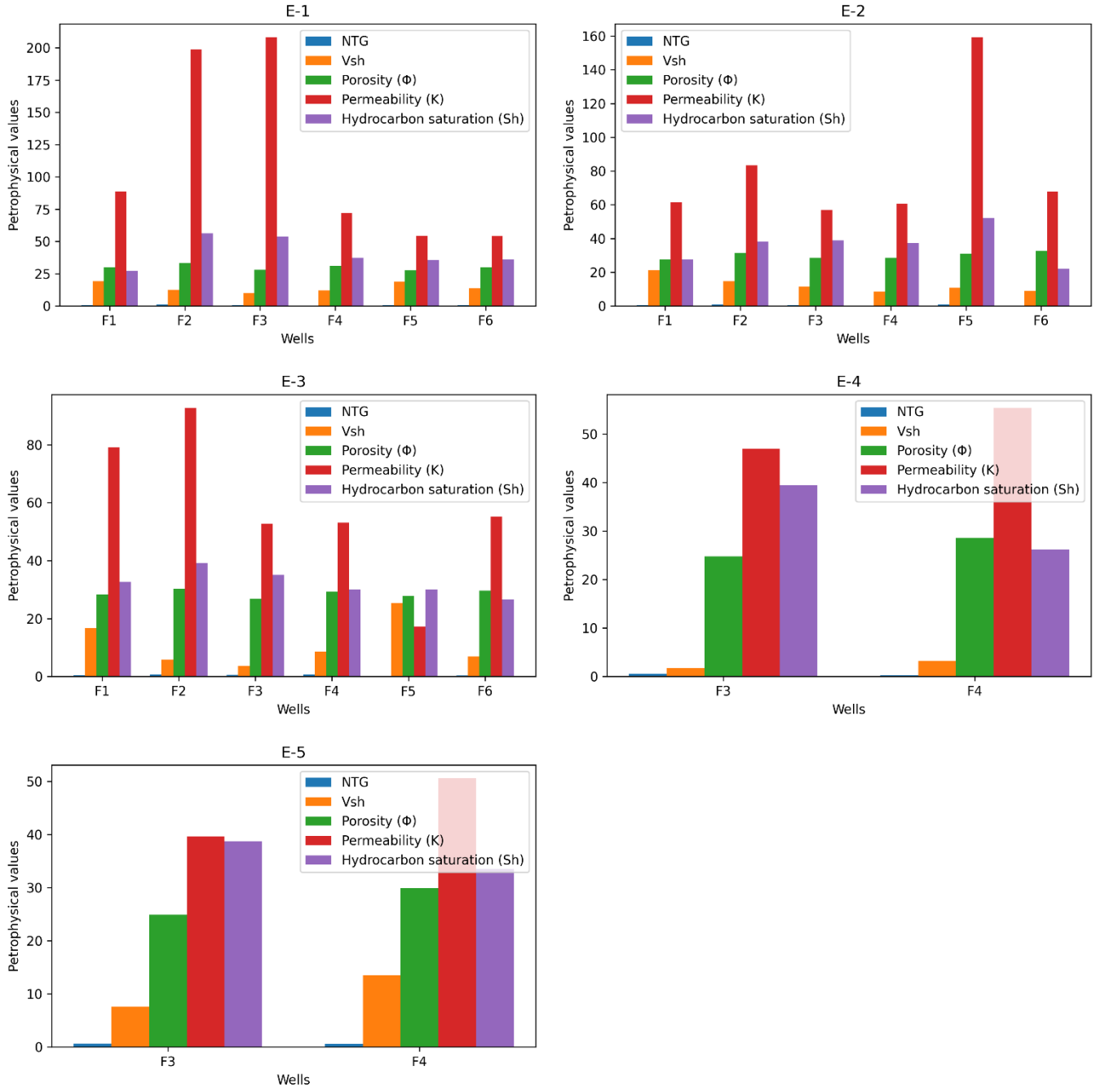


Fig. 3. ***Bar chart showing comparison of average petrophysical reservoir properties of the E-1 to E-5 sand groups, net-to-gross (NTG %), shale volume (vsh %), porosity (Φ%), permeability (K %), and hydrocarbon saturation (sh %), across wells***

The reservoir units of the E-2 sand group demonstrate stronger heterogeneity in reservoir quality among the wells. The NTG values remain relatively high in wells F-3 and F-6, suggesting thicker reservoir sandstone intervals in these locations. The shale volume (Vsh) appears relatively low in most wells, particularly in wells F-2 and F-3, which supports improved reservoir quality in these areas. Porosity values increase slightly compared to those of the E-1 sand group (Fig. 3), with well F-3 again showing the highest porosity, indicating better pore development and storage capacity. A very prominent feature is the extremely high permeability observed in well F-5, which may indicate the presence of highly permeable channel sandstone facies or enhanced pore connectivity due to diagenetic dissolution. Hydrocarbon saturation is moderate to high across several wells, especially wells F-3 and F-6, suggesting favorable hydrocarbon accumulation in these zones. Overall, sand group E-2 likely has the most productive reservoir intervals, characterized by improved permeability and hydrocarbon saturation.

Fig. 3 shows moderate to high variability in reservoir properties among the six wells across sand group E-3. The net-to-gross ratio (NTG) is relatively high in wells F-3, F-4, and F-5, indicating thicker sandstone intervals and improved reservoir continuity. Conversely, wells F-1 and F-6 display lower NTG values, suggesting thinner reservoir sands or increased shale interbeds. The shale volume (Vsh) values

remain generally low to moderate across the wells but appear slightly elevated in wells F-1 and F-5. Higher shale content may reduce reservoir quality by decreasing pore connectivity and effective permeability. Porosity (Φ) values are moderate across most wells, typically ranging between approximately 25–35%, which indicates relatively good storage capacity for hydrocarbons. Wells F-3 and F-4 appear to maintain slightly higher porosity values, suggesting better-developed pore networks. The permeability (K) values show significant variation across the wells. Wells F-1 and F-2 exhibit notably higher permeability compared with other wells, which may indicate coarser-grained sandstone facies or improved pore throat connectivity. In contrast, permeability is comparatively lower in well F-5, suggesting possible diagenetic cementation or finer sediment grain size. Hydrocarbon saturation (Sh) values are moderate across the wells but appear relatively higher in wells F-3 and F-5, indicating potential zones of hydrocarbon accumulation. Overall, the reservoir units of the E-3 sand group suggest heterogeneous reservoir quality, with wells F-3 and F-4 having relatively favorable reservoir characteristics due to higher NTG and porosity values (Fig. 3).

Fig. 3 compares reservoir properties of the E-4 and E-5 sand groups, highlighting lateral variations in reservoir quality. The NTG values remain relatively high in most well combinations, particularly in reservoir units of sand group E-5 across well F-4, indicating significant sandstone thickness in this area of the reservoir. The shale volume (Vsh) is generally low across the wells, suggesting limited shale intercalation and therefore favorable reservoir conditions. However, a slightly higher Vsh value is observed in sand group E-5 from well F-4, which may locally influence reservoir performance. Porosity (Φ) values remain moderate, indicating adequate pore space for hydrocarbon storage. The E-4 sand group reservoir units from well F-4 exhibit relatively higher porosity, suggesting improved reservoir storage capacity. The permeability (K) values are particularly high in sand group E-4 and E-5 from well F-4, indicating efficient fluid flow pathways likely associated with well-sorted or coarser-grained sandstone facies. Hydrocarbon saturation (Sh) shows moderate to high values in several well combinations, especially in the E-4 sand group reservoir units from well F-3, suggesting favorable hydrocarbon accumulation in these areas. Overall, the E-4 and E-5 sand groups indicate generally good reservoir quality, due to their high permeability and moderate to high hydrocarbon saturation.

The comparison of reservoir properties across sand groups E-3 to E-5 reveals significant lateral heterogeneity within the reservoir system. The petrophysical properties determined in these sandstone reservoir units show good to very good porosity and moderate to good permeability (Asquith and Gibson, 2004). These reservoirs in sand group E5 have lower petrophysical properties than reservoirs in sand groups E1 to E4. These reservoirs are found with the highest petrophysical properties (Hamma et al., 2022; Hassane et al., 2021b).

4.3 Spatial Distribution Of Reservoir Properties

The permeability values decrease from well F-3 to well F-5 (Fig. 4). The variation in porosity is not similar to that of permeability. This variation can be split into two parts (Fig. 4): on the one hand, it decreases from well F-2 to well F-3, and on the other, from well F-4 to well F-5. These variations corroborate those that have indicated the existence of a heterogeneous lithology, as indicated earlier by (Amadou et al., 2021b), which impacted distributions of reservoir quality. The shale volume decreased from well F-3 toward wells F-1 (Fig. 4). This trend is similar to that of permeability. The hydrocarbon saturation increased from wells F-1 and F-6 toward well F-2 (Fig. 4).

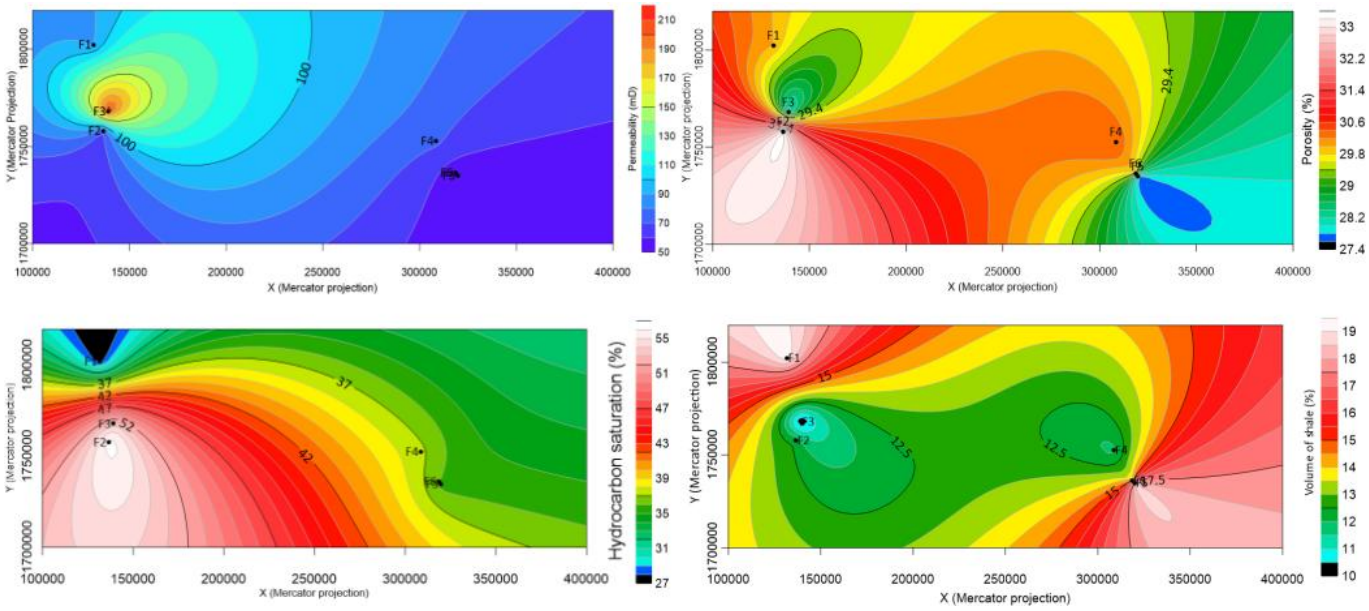


Fig. 4. Model of reservoir properties of the E-1 sand group of wells F-1-F-6

Fig. 5 showed that the porosity decreased from SE (well F-6) to NW (well F-1). In contrast, permeability increased from well F-6 toward F-1 (Fig. 5). Shale volume variation is similar to permeability variation. Hydrocarbon saturation is highest in the south-eastern section, from well F-1 to well F-6 (Fig. 5).

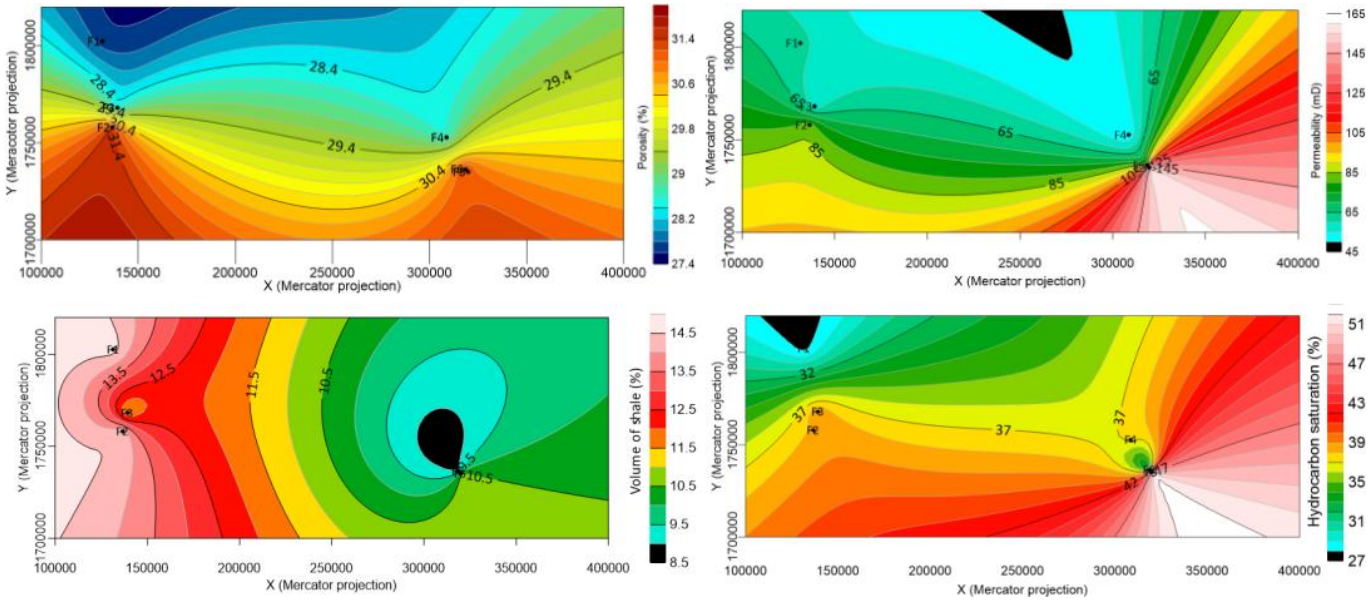


Fig. 5. Model of reservoir properties of the E-2 sand group of wells F-1-F-6

The porosity values increased from SW (well F-6) to NW (well F-3) (Fig. 6). Low permeability values are found to the southeast, towards well F-6. The highest permeability values are found in the north-west, towards well F-2. (Fig. 7). The shale content increased from well F-2 toward well F-6 (Fig. 6). The southeastern part is the most saturated with hydrocarbons (Fig. 6). These decreased from well F-5 to well F-1.

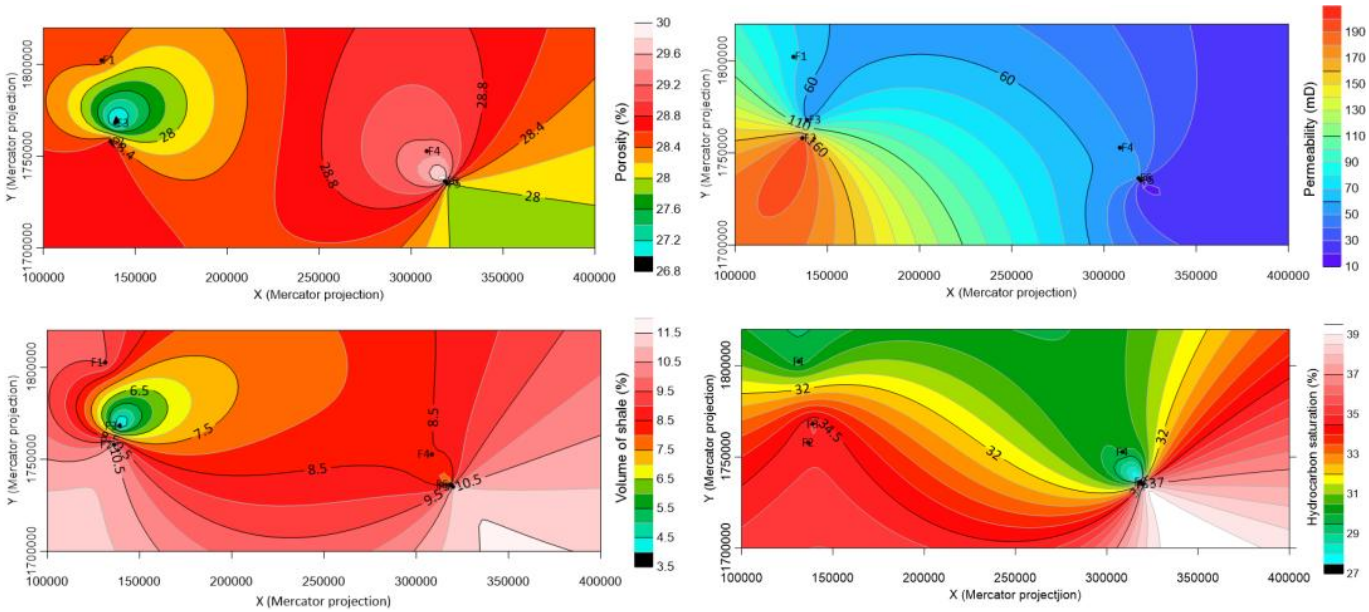


Fig. 6. Model of reservoir properties of the E-3 sand group of wells F-1-F-6

Two directions of porosity variation have been identified: that between wells F-1, F-2, and F-3 and that including wells F-4, F-5, and F-6 (Fig. 7). On the other hand, permeability decreases from northwest to southeast, from well F-1 to well F-5 (Fig. 7). The volume of shale increased from well F-3 to well F-5 (Fig. 7). The highest saturated reservoirs with hydrocarbons are in the northwestern part, increasing from well F-5 to F-1 (Fig. 7).

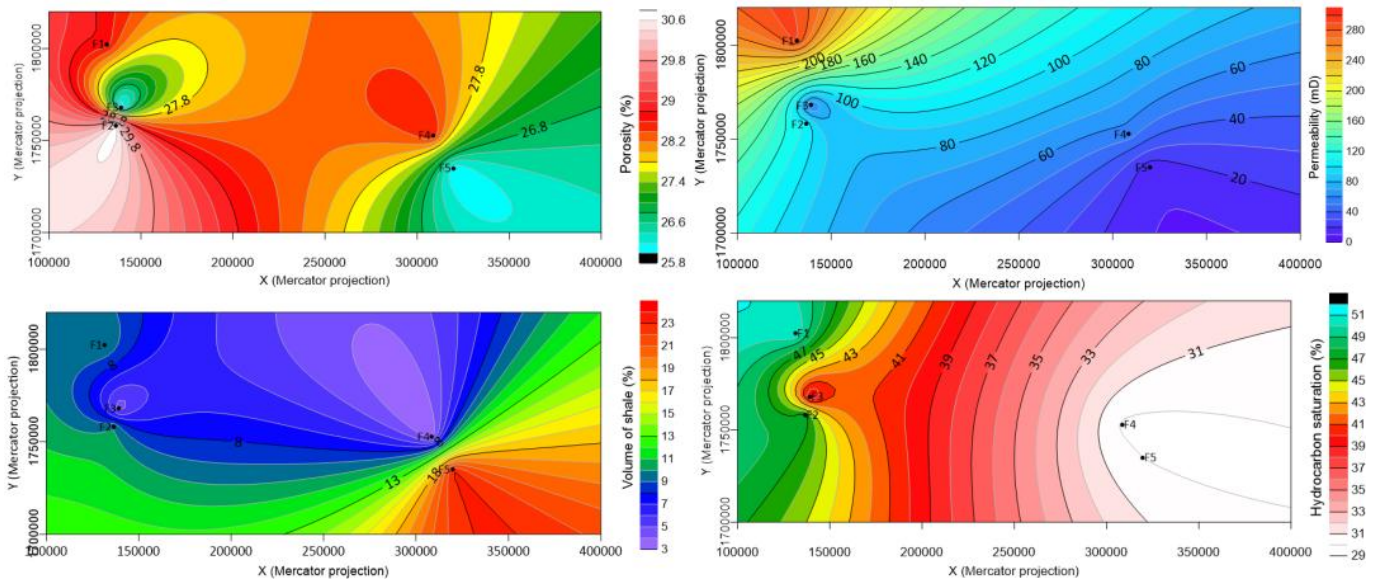


Fig. 7. Model of reservoir properties of the E-4 sand group of wells F-1-F-5

The porosity values decreased from well F-1 to well F-5, with well F-4 having the highest values (Fig. 8). The variation of the permeability and hydrocarbon saturation values is similar (Fig. 8). These decreased from well F-2 to well F-5. The shale volume has values decreasing from well F-2 to well F-5 (Fig. 8). Well F-5 has the lowest petrophysical properties, with a hydrocarbon saturation of 27%. In contrast, the best petrophysical properties are observed in the well F-2, with a hydrocarbon saturation of 58%.

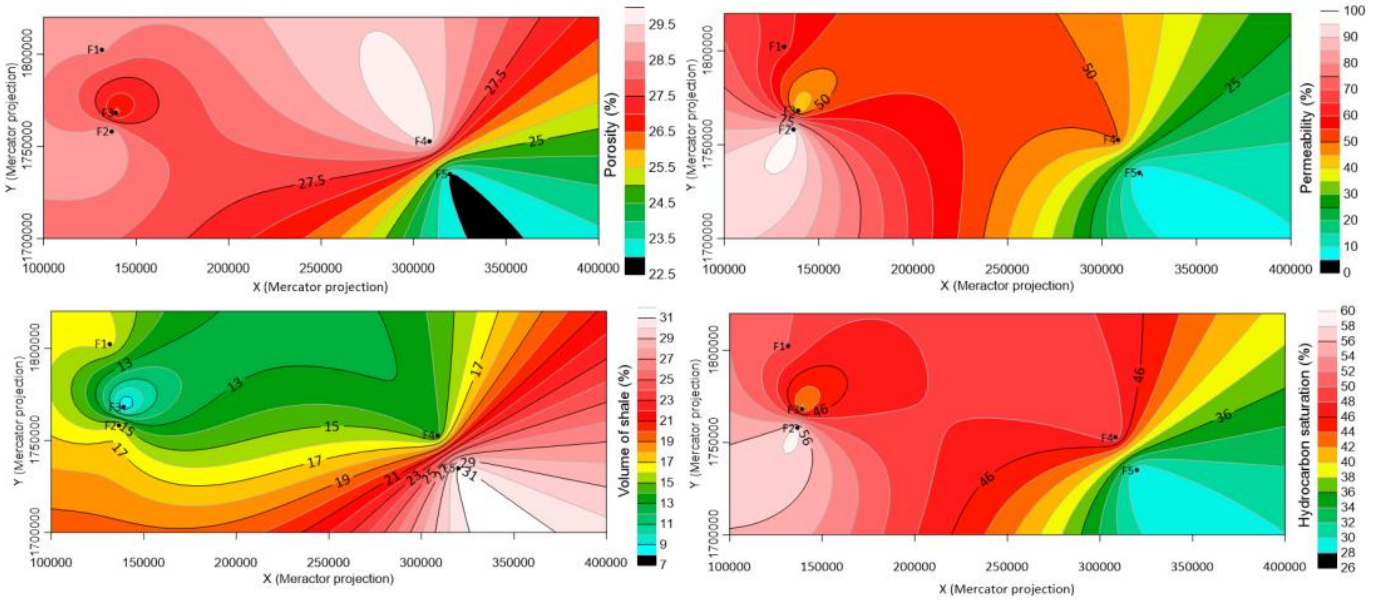


Fig. 8. Model of reservoir properties of the E-5 sand group of wells F-1-F-5

5 CONCLUSIONS

Overall, the petrophysical analysis indicates that the reservoir quality within the studied interval ranges from moderate to very good. Among the evaluated units, sand groups E-1 and E-2 have the most prospective reservoirs, characterized by high porosity, moderate to high permeability, and relatively high hydrocarbon saturation. The observed variations in reservoir quality are likely controlled by lithological heterogeneity and diagenetic processes such as compaction, cementation, and dissolution, which influence pore structure and fluid flow properties within the sandstone reservoirs. The variability observed among the wells reflects lateral heterogeneity in depositional facies within the fluvial-deltaic sedimentary system that characterizes the Sokor-1 Formation. Channelized sandstone bodies likely correspond to the higher-quality reservoirs, whereas lower-quality intervals may represent more distal or fine-grained depositional environments.

FUNDINGS

Funding for this research was provided by the African Union Commission through the Pan African University Life and Earth Sciences Institute (including Health and Agriculture), Ibadan, Oyo State, Nigeria.

DECLARATION OF COMPETING INTERESTS

The authors declare that they have no known conflicts of interest that could influence this paper.

ACKNOWLEDGMENTS

We express our sincere gratitude to the African Union, which supported this research through a Ph.D. scholarship and a research grant awarded to the first author. The authors would also express their gratitude to the Nigerien Ministry of Petroleum, Niamey, for providing the data and for granting permission to publish this paper. The authors would like to express their sincere thanks to all the anonymous reviewers for their immense contribution to the improvement of this paper.

REFERENCES

[1] Amadou, H., Ehirim, C. N., & Dagogo, T. (2021a). Rock physics diagnostic of Eocene Sokor-1 reservoir in Termit subbasin, Niger. In *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology* (Vol. 11, Issue 9, pp. 3361–3371). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. https://doi.org/10.1007/s13202-021-01259-2.

[2] Amadou, H., Ehirim, C. N., & Dagogo, T. (2021b). Well-Based Quantitative Reservoir Characterization of Eocene Sokor-1 Formation, Termit Basin, Niger. *International Journal of Geosciences, 12* (02), 159–169. https://doi.org/10.4236/ijg.2021.122010.

[3] Archie, G. E. (1942). The Electrical Resistivity Log as an Aid in Determining Some Reservoir Characteristics. *SPE Reprint Series, 55,* 9–16. https://doi.org/10.2118/942054-g.

[4] Ari, M. A. I., Nton, M. E., & Harouna, M. (2025). Biomarker geochemistry and oil-oil correlation from reservoir unit oils of the Sokor-1 Formation, Fana low uplift, Termit Basin, southeastern Niger. *Journal of African Earth Sciences, 223* (December 2024), 17. https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2024.105522.

[5] Ari, M. A. I., Nton, M. E., Harouna, M., & Moussa, H. A. (2024). Reservoir fluid characterization of the Sokor1 Formation, Fana tectonic unit, Termit Basin, southeastern Niger Republic. *Arabian Journal of Geosciences, 17* (5), 1–18. https://doi.org/10.1007/s12517-024-11918-3.

[6] Asquith and Gibson. (2004). *Basic_Well_Log_Analysis.pdf* (p. 215).

[7] Bate, B. B., Boboye, O. A., Fozao, K. F., Ndip, E. A., & Anene, N. O. (2023). Petrophysical characterization and 3D seismic interpretation of reservoirs in the Baris Field, onshore Niger Delta Basin, Nigeria. *Energy Geoscience, 4* (1), 103–116. https://doi.org/10.1016/j.engeos.2022.02.001

[8] BEICIFP. (1991). EVALUATION PETROLIERE DU NIGER.

[9] Binks, R. M., & Fairhead, J. D. (1992). A plate tectonic setting for Mesozoic rifts of West and Central Africa. *Tectonophysics, 213* (1–2), 141–151. https://doi.org/10.1016/0040-1951 (92) 90255-5.

[10] Cannon, S. (2016). Petrophysics a practical guide. *WD Info,* 2004.

[11] CNPC NIGER PETROLEUMS.A. (2012). *PROCESSING REPORT OF KOULELE 3D*.

[12] Dandekar, A. Y. (2013). Petroleum reservoir rock and fluid properties, second edition. In *Petroleum Reservoir Rock and Fluid Properties, Second Edition*.

[13] Darling, T. (2005). Well Logging and Formation Evaluation. In *Well Logging and Formation Evaluation*. https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-7883-4.X5000-1.

[14] Dou, L., Xiao, K., Cheng, D., Shi, B., & Li, Z. (2007). Petroleum geology of the Melut Basin and the Great Palogue Field, Sudan. *Marine and Petroleum Geology, 24* (3), 129–144. https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2006.11.001

[15] Edwards, J. D., & Santogrossi, P. A. (1990). Divergent/passive margin basins. *Divergent/Passive Margin Basins, 48,* 239–248. https://doi.org/10.1016/0191-8141 (91) 90080-3.

[16] Ezekwe, N. (2010). Petroleum Reservoir Engineering Practice. In *Prentice Hall*.

[17] Fairhead, J. D. (1986). Geophysical controls on sedimentation within the African rift systems. *Sedimentation in the African Rifts,* 19–27.

[18] Fairhead, J. D. (1988). Mesozoic plate tectonic reconstructions of the central South Atlantic Ocean: The role of the West and Central African rift system. *Tectonophysics, 155* (1–4), 181–191. https://doi.org/10.1016/0040-1951 (88) 90265-X.

[19] Fairhead, J. D., Green, C. M., Masterton, S. M., & Guiraud, R. (2013). The role that plate tectonics, inferred stress changes and stratigraphic unconformities have on the evolution of the West and Central African Rift System and the Atlantic continental margins. *Tectonophysics, 594,* 118–127. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2013.03.021

[20] Fu Jilin and Sun Zhilhua, L. K. (2012). The study on sequence stratigraphy and sedimentary systems of Paleogene in Agadem Block. *Earth Science Frontiers (China Universsity Og Geoscience (Beijing): Pekin University, 19* (1), 10.

[21] Genik, G. J. (1993). Petroleum Geology of Cretaceous-Tertiary Rift Basins in Niger, Chad, and Central African Republic. *The American Association of Petroleum Geologist, 77210–4778,* 30.

[22] Guiraud, R., & Maurin, J. C. (1992). Early Cretaceous rifts of Western and Central Africa: an overview. *Tectonophysics, 213* (1–2), 153–168. https://doi.org/10.1016/0040-1951 (92) 90256-6.

[23] Hamma, A. M., Bohari, A. D., Maharou, H. I., & Ari, A. I. (2022). Effect of Oil in Place on Sandstone Reservoir Quality of Dibeilla Prospect, Termit Basin, Niger : Insight from Pre-Stack Seismic Inversion and Diagenesis. *International Journal of Science and Research (IJSR), 11* (12), 1203–1226. https://doi.org/10.21275/SR221227121605.

[24] Hamma, A. M., & Harouna, M. (2019). Diagenesis and reservoir quality evolution of the paleogene sokor1 sandstones in the agadem block, termit basin, eastern Niger. *International Journal of Advanced Geosciences, 7* (2), 147. https://doi.org/10.14419/ijag.v7i2.29562.

[25] Issaka, A. Y., Ehinola, O. A., Oluwajana, O., & Asedegbega, J. (2024). Prospect evaluation of the Paleogene Sokor-1 reservoirs in Fana Field, Termit Basin (Niger Republic) using geophysical well logs and sedimentological data. *Arabian Journal of Geosciences, 17* (11), 1–17. https://doi.org/10.1007/s12517-024-12102-3.

[26] Lai, H., Li, M., Liu, J., Mao, F., Wang, Z., Liu, W., Xiao, H., & Yang, L. (2019). Source rock assessment within a sequence stratigraphic framework of the Yogou Formation in the Termit Basin, Niger. *Geological Journal, 55* (4), 2473–2494. https://doi.org/10.1002/gj.3523.

[27] Lai, H., Li, M., Liu, J., Mao, F., Xiao, H., He, W., & Yang, L. (2018). Organic geochemical characteristics and depositional models of Upper Cretaceous marine source rocks in the Termit Basin, Niger. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 495* (18), 292–308. https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2018.01.024

[28] Lambiase, J. J., & Morley, C. K. (1999). Hydrocarbons in rift basins: The role of stratigraphy. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 357* (1753), 877–900. https://doi.org/10.1098/rsta.1999.0356.

[29] Liu, B., Wan, L., Mao, F., Liu, J., Lü, M., & Wang, Y. (2015). Hydrocarbon potential of upper cretaceous marine source rocks in the Termit Basin, Niger. *Journal of Petroleum Geology, 38* (2), 157–175. https://doi.org/10.1111/jpg.12604.

[30] Liu, B., Zhang, G., Mao, F., Liu, J., Cheng, D., & Lü, M. (2017). The petroleum system of the tenere basin: Oil geochemistry from the SH-1 wildcat well in eastern Niger. *Petroleum Geoscience, 23* (4), 427–439. https://doi.org/10.1144/petgeo2015-067.

[31] Mahgoub, M. I., Padmanabhan, E., & Abdullatif, O. M. (2016). Sedimentological reservoir characteristics of the Paleocene fluvial/lacustrine Yabus Sandstone, Melut Basin, Sudan. *Journal of African Earth Sciences, 123,* 75–88. https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2016.06.018

[32] Mao, F., Liu, B., Liu, J., Jiang, H., Yuan, S. Q., Zhen., F. Y., Li, Z. H., Wang, Y. H., Fengjun, M., Bang, L., JiGuo, L., Hong, J., ShengQiang, Y., FengYun, Z.,…, & YuHua, W. (2019). (2019). The reservoir characteristics and controlling factors of the Upper Cretaceous sandstones in the Termit Basin, Niger. Acta Petrologica Sinica,. *Acta Petrologica Sinica, 35* (4), 1257-1268. https://doi.org/10.18654/1000-0569/2019.04.18.

[33] Nasaruddin, M. N., Zung, L. S., & Md Rafek, A. G. (2017). Petrophysical Analysis of E5 sand group of Sokor Formation, Termit Basin, Niger. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 88* (1), 9. https://doi.org/10.1088/1755-1315/88/1/012003.

[34] Schlumberger, L. I. (1989). Principles and Application: Schlumberger Wireline and Testing. Houston. *Houston.Texas, 21–89*.

[35] Sorkhabi, R., & Tsuji, Y. (2005). The place of faults in petroleum traps. *AAPG Memoir, 85,* 1–31. https://doi.org/10.1306/1033713M853128.

[36] Tixier, M. P. (1949). Evaluation of permeability from electric-Log resistivity gradients. *The Oil and Gas Journal,* 113–133.

[37] Wan, L., Liu, J., Mao, F., Lv, M., & Liu, B. (2014). The petroleum geochemistry of the Termit Basin, Eastern Niger. *Marine and Petroleum Geology, 51,* 167–183. https://doi.org/10.1016/J.MARPETGEO.2013.11.006

[38] Wang, T., YUAN, S., LI, C., MAO, F., PANG, S., JIANG, H., & ZHENG, F. (2022). Geological structure and dynamic mechanism of the Termit rift basin in West African rift system. *Petroleum Exploration and Development, 49* (6), 1339–1350. https://doi.org/10.1016/S1876-3804 (23) 60353-2.

[39] Zanguina, M., Bruneton, A., & Gonnard, R. (1998). An introduction to the petroleum potential of Niger. *Journal of Petroleum Geology, 21* (1), 83–103. https://doi.org/10.1111/j.1747-5457.1998.tb00647.x.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 1053-1055
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Impact des médias sur le développement du football féminin au Bénin

[Impact of media on the development of women's football in Benin]

Bienvenue Taouema[1], David Coffi Akouete[1], Albert Meton[2], Immaculée Agbakou[2], and Frédéric Hounkponou[2]

[1]Laboratoire de dynamique sociale, d'Education, de Sport et de Développement Humain (Ladys-ES-DH), Institut national de la Jeunesse, de l'Education Physique et du Sport, Université d'Abomey-Calavi (INJEPS, UAC), Benin

[2]Master en Education Physique et Sportive, Laboratoire de dynamique sociale, d'Education, de Sport et de Développement Humain (Ladys-ES-DH), Institut national de la Jeunesse, de l'Education Physique et du Sport, Université d'Abomey-Calavi (INJEPS, UAC), Benin

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

ABSTRACT: This article explores the influence of media on the visibility, perception, and development of women's football in Benin. This study employs a mixed-methods approach, combining quantitative research using questionnaires administered to 115 fans interviewed in stadiums and via WhatsApp groups, with qualitative research through semi-structured interviews conducted with sports journalists, promoters, and stakeholders on the ground. The results show that, regarding broadcast channels, the stadium remains the primary means of accessing matches for 65% of respondents. Social media follows with 23%, followed by the internet (11%). Television and radio, despite their influence in Benin, are virtually absent from their coverage of women's football, highlighting the limited importance given to it by traditional media. The study reveals still insufficient media coverage, although some progress has been observed thanks to social media and a few specialized media outlets. Despite the dynamism of women's leagues, underrepresentation in traditional media limits the visibility, legitimacy, and appeal of women's football. Despite these weaknesses, existing media coverage appears to have a positive effect on the perception of women's football: 49% of respondents believe it improves the sport's popularity, and 8% consider its influence to be very positive. The study concludes that equitable media coverage, supported by partnerships, targeted strategies, and structural reform of sports policy regarding gender equality, is essential.

KEYWORDS: influence, media, women's football, weakness, development.

RESUME: Cet article explore l'influence des médias sur la visibilité, la perception et le développement du football féminin au Bénin. Cette étude repose sur une approche mixte, combinant une étude quantitative par questionnaires administrés à 115 supporters interrogés dans les stades et via des forums WhatsApp et une étude qualitative à travers des entretiens semi-directifs réalisé auprès des journalistes sportifs, promoteurs et acteurs de terrain. Les résultats montrent qu'en ce qui concerne les canaux de diffusion, le stade reste le principal moyen d'accès aux matchs pour 65 % des répondants. Les réseaux sociaux viennent ensuite avec 23 %, suivis de l'internet (11 %). La télévision et la radio, pourtant influentes au Bénin, sont quasiment absentes en matière de couverture du football féminin, ce qui souligne une faible importance accordée par les médias traditionnels au football féminin. L'étude met en évidence une couverture médiatique encore insuffisante, bien que certains progrès soient observés grâce aux réseaux sociaux et à quelques médias spécialisés. Malgré le dynamisme des ligues féminines, la sous-représentation dans les médias traditionnels limite la visibilité, la légitimité et l'attractivité du football féminin. Malgré ces faiblesses, la médiatisation existante semble avoir un effet positif sur la perception du football féminin: 49 % des personnes interrogées considèrent qu'elle améliore la popularité de ce sport, et 8 % estiment que son influence est très positive. L'étude conclut à l'importance d'une médiatisation équitable, soutenue par des partenariats, des stratégies ciblées et une réforme structurelle de la politique sportive en matière d'égalité de genre.

MOTS-CLEFS: influence, médias, football féminin, faiblesse, développement.

Corresponding Author: Bienvenue Taouema

1 INTRODUCTION

Le football, sport universellement reconnu, reste fortement basé sur le genre dans son traitement médiatique. Au Bénin, malgré une organisation croissante des ligues féminines et la montée en puissance de plusieurs équipes, la médiatisation du football féminin demeure marginale. Or, comme le montrent McGuire et Armbruster (2016), les médias façonnent les perceptions et influencent l'évolution des disciplines sportives.

Face à ce constat, cette recherche pose la question suivante: comment les médias influencent-ils le développement du football féminin au Bénin?

Pour y répondre, ce travail se structure autour de l'analyse des dynamiques médiatiques actuelles, des perceptions des acteurs du sport et des initiatives en faveur d'une meilleure représentation médiatique des femmes dans le football. Cette étude examine dans quelle mesure la couverture médiatique actuelle soutient ou freine le développement de ce sport au Bénin.

2 METHODOLOGIE

La présente recherche repose sur une approche mixte, combinant une étude quantitative par questionnaires administrés à 115 supporters interrogés dans les stades et via des forums WhatsApp et une étude qualitative à travers des entretiens semi-directifs réalisé auprès des journalistes sportifs, promoteurs et acteurs de terrain.

La population cible comprends les journalistes sportifs, les supporters et spectateurs de football féminin, avec pour critères d'inclusion une implication directe ou indirecte dans le suivi du football féminin au Bénin.

Les données ont été collectées via des questionnaires structurés (questions fermées et ouvertes sur les habitudes de consommation médiatique et l'image du football féminin) et des entretiens (guidés par un canevas thématique portant sur la couverture, les obstacles et les propositions d'amélioration).

Les données quantitatives ont été analysées avec des statistiques descriptives à l'aide des logiciels Word et Excel (fréquences, pourcentages, graphiques) et les données qualitatives par une analyse de contenu thématique.

3 RESULTATS

L'analyse des données recueillies à travers 115 questionnaires et plusieurs entretiens semi-directifs révèle une réalité contrastée sur la médiatisation du football féminin au Bénin.

La majorité des répondants (41 %) sont des jeunes âgés de 18 à 24 ans, une tranche d'âge stratégique car active sur les réseaux sociaux et potentiellement influençables par les contenus médiatiques. Cette population constitue donc une cible privilégiée pour une meilleure promotion du football féminin.

En ce qui concerne les canaux de diffusion, le stade reste le principal moyen d'accès aux matchs pour 65 % des répondants. Les réseaux sociaux viennent ensuite avec 23 %, suivis de l'internet (11 %). La télévision et la radio, pourtant influentes au Bénin, sont quasiment absentes en matière de couverture du football féminin, ce qui souligne une faible importance accordée par les médias traditionnels au football féminin.

La fréquence de suivi des matchs reflète une certaine irrégularité: 43 % des spectateurs suivent les matchs parfois, 32 % souvent, et seulement 6 % toujours. Cette irrégularité peut être liée à l'insuffisance de couverture médiatique, comme le confirme l'avis des supporters sur la qualité de cette dernière: 56 % estiment qu'elle est "moyenne", 27 % la trouvent "mauvaise" et 10 % "très mauvaise", contre à peine 7 % qui la jugent satisfaisante.

Malgré ces faiblesses, la médiatisation existante semble avoir un effet positif sur la perception du football féminin: 49 % des personnes interrogées considèrent qu'elle améliore la popularité de ce sport, et 8 % estiment que son influence est très positive. Ce résultat suggère que même une exposition limitée peut avoir un impact sur l'intérêt du public, ce qui justifie la nécessité d'une couverture plus soutenue et régulière.

Toutefois, cette médiatisation reste insuffisante pour susciter un engagement actif. En effet, 52 % des répondants affirment que la couverture actuelle ne les incite pas à suivre davantage le football féminin, contre 48 % qui affirment le contraire. Cela montre que le public est divisé, mais également qu'il existe un potentiel d'amélioration si les médias traditionnels et numériques augmentent leur implication.

Enfin, les enquêtés proposent plusieurs solutions pour améliorer la visibilité du football féminin. Les plus citées concernent la retransmission télévisée des matchs, l'augmentation de la couverture par la radio, et l'organisation d'émissions ou événements exclusivement dédiés au football féminin. Ils insistent également sur le rôle des réseaux sociaux, qui, bien que moins institutionnels, peuvent contribuer efficacement à créer une communauté de soutien autour des équipes féminines.

4 DISCUSSION

Les résultats de cette étude confirment que la couverture médiatique du football féminin au Bénin reste globalement insuffisante, tant en quantité qu'en qualité. Bien que quelques progrès soient observés, notamment via les réseaux sociaux et certains médias spécialisés, la majorité des répondants jugent la visibilité accordée aux compétitions féminines comme faible ou moyenne. Cette perception rejoint les constats de Lopiano (2000) et Bruce & Hardin (2014) sur la sous-représentation historique du sport féminin dans les médias.

Malgré ce déficit de couverture, les répondants reconnaissent que les rares efforts médiatiques en faveur du football féminin ont un effet positif sur la perception publique. Ce constat corrobore les travaux de McGuire et Armbruster (2016) et de Billings (2008), qui insistent sur le rôle central des médias dans la construction de l'image des athlètes féminines. Ainsi, même une médiatisation partielle contribue à accroître la notoriété du football féminin et à en améliorer l'acceptation sociale.

La théorie de l'agenda-setting (McCombs & Shaw, 1972) éclaire bien cette dynamique: en choisissant de ne pas accorder une place significative au football féminin, les médias participent à son invisibilité. Inversement, une présence médiatique accrue aurait un effet direct sur les priorités du public, l'intérêt des sponsors et l'engagement institutionnel.

Les témoignages des journalistes interrogés soulignent des freins structurels importants: manque de soutien des instances sportives, faible rentabilité perçue des matchs féminins, et persistance de stéréotypes de genre dans le traitement médiatique. Ces limites confirment les analyses de Hallmann & Grix (2015) et Hargreaves (2000) sur les inégalités persistantes dans la médiatisation du sport féminin, en particulier dans les contextes africains.

Enfin, les médias numériques apparaissent comme une voie d'avenir. Comme le notent Appleby et Foster (2013), les réseaux sociaux offrent aux athlètes féminines la possibilité de contourner les biais des médias traditionnels, de se mettre en scène et de dialoguer directement avec le public. Ces canaux doivent donc être intégrés pleinement dans les stratégies de développement du football féminin au Bénin.

5 CONCLUSION

Le football féminin béninois bénéficie d'une structuration croissante, mais reste freiné par un déficit de médiatisation. Les résultats montrent que la visibilité actuelle est largement tributaire d'initiatives isolées sur les réseaux sociaux et de quelques acteurs passionnés. Pour transformer cette dynamique, il est indispensable de renforcer les politiques médiatiques inclusives, de soutenir les médias spécialisés et d'impliquer les institutions publiques.

Ainsi, seule une réforme coordonnée et multisectorielle permettra au football féminin de sortir de l'ombre et de s'imposer comme une discipline légitime, attractive et génératrice d'opportunités pour les jeunes filles béninoises.

REFERENCES

[1] Appleby, K. M., & Foster, E. (2013). Gender and sport: Navigating a complex terrain. *Women in Sport and Physical Activity Journal,* 21 (1), 1–4. https://doi.org/10.1123/wspaj.21.1.1

[2] Billings, A. C. (2008). Olympic media: inside the biggest show on television. Routledge.

[3] Bruce, T., & Hardin, M. (2014). Reclaiming our voices: Sportswomen and social media. In L. K. Fuller (Ed.), *Sexual sports rhetorc: Global and universal contexts* (pp. 75–90). Peter Lang.

[4] Hallmann, K., & Grix, J. (2015). *Sport and society in the global age*. Palgrave Macmillan.

[5] Hargreaves, J. (2000). Heroines of sport: The politics of difference and identity. Routledge.

[6] Lopiano, D. A. (2000). Modern history of women in sports: twenty-five years of Title IX. *Clinics in Sports Medicine,* 19 (2), 163–173. https://doi.org/10.1016/S0278-5919 (05) 70299-6.

[7] McCombs, M. E., & Shaw, D. L. (1972). The agenda-setting function of mass media. *Public Opinion Quarterly,* 36 (2), 176–187. https://doi.org/10.1086/267990.

[8] McGuire, J. S., & Armbruster, S. (2016). Media portrayals of female athletes. In E. C. Dunn & B. M. Smith (Eds.), *Women and sport: continuing a journey of liberation and celebration* (pp. 123–138). Human Kinetics.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 1056-1061
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Conception d'un plan de cours pour l'enseignement de l'informatique et de la bureautique en BAC1 du système LMD

[Design of a course plan for teaching computer science and office automation in the first year of the LMD system (Bachelor's, Master's, Doctorate)]

Nshimba Ilunga Bazin[1], Mukaya Bafita Chapy[2], Mukole Ngoie Jean[3], and Shako Lobobo Pierre[4]

[1]Département d'informatique de gestion, Institut Superieur Peédagogique de Kabongo, Kabongo, Haut-Lomami, RD Congo

[2]Département de Sciences Sociales, Université de Kinshasa, Kinshasa, RD Congo

[3]Département d'Informatique de gestion, Université Philip Lemon, Lubumbashi, RD Congo

[4]Département d'informatique de gestion, Institut Superieur Pédagogique de Lubumbashi, Lubumbashi, Haut-Katanga, RD Congo

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

ABSTRACT: Digital transformation now necessitates a minimum level of computer skills across all fields of knowledge. In this context, teaching computer science and office automation at the first-year undergraduate level (Bac1) within the LMD system has become an essential requirement. This article proposes a structured curriculum designed to develop students' basic computer skills. It presents the learning objectives, teaching methods, learning resources, and detailed content organized into three main chapters: computer components, computer hardware, and software. The approach adopted prioritizes a balance between theory and practice to foster active and lasting learning.

KEYWORDS: digital transformation, information technology, office automation, LMD system, digital skills, computer hardware, software, computer components, pedagogy, hands-on learning, course outline, teaching resources.

RESUME: La transformation numérique impose aujourd'hui une maîtrise minimale des outils informatiques dans tous les domaines du savoir. Dans ce contexte, l'enseignement de l'informatique et de la bureautique au niveau Bac1 du système LMD devient une nécessité incontournable. Cet article propose une conception structurée d'un plan de cours visant à développer chez les étudiants des compétences de base en informatique. Il présente les objectifs pédagogiques, les méthodes d'enseignement, les ressources didactiques, ainsi que les contenus détaillés organisés en trois chapitres principaux: les composants de l'ordinateur, le matériel informatique (hardware) et les logiciels (software). L'approche adoptée privilégie l'équilibre entre théorie et pratique afin de favoriser un apprentissage actif et durable.

MOTS-CLEFS: transformation numérique, informatique, bureautique, système LMD, compétences numériques, matériel informatique, logiciels, composants de l'ordinateur, pédagogie, apprentissage pratique, plan de cours, ressources didactiques.

Corresponding Author: Nshimba Ilunga Bazin

1 INTRODUCTION

L'informatique occupe une place centrale dans les sociétés modernes. Elle intervient dans presque tous les secteurs: éducation, santé, commerce, administration, communication, etc. Dans le système LMD (Licence-Master-Doctorat), l'intégration de l'informatique dès la première année universitaire vise à préparer les étudiants à évoluer dans un environnement numérique. Cependant, plusieurs défis se posent:

- Insuffisance des compétences numériques de base chez les étudiants;
- Manque de structuration pédagogique des cours;
- Insuffisance des équipements dans certains contextes.

Face à ces défis, il devient indispensable de concevoir un plan de cours cohérent, progressif et adapté au niveau des apprenants.

2 PROBLÉMATIQUE

Comment concevoir un plan de cours d'informatique et bureautique adapté aux étudiants de Bac1 dans le système LMD, permettant à la fois l'acquisition de connaissances théoriques et de compétences pratiques ?

3 HYPOTHÈSES

Un plan de cours structuré améliore la compréhension des notions informatiques. L'intégration des travaux pratiques renforce les compétences des étudiants. L'utilisation de méthodes pédagogiques actives favorise un apprentissage efficace.

4 CADRE CONCEPTUEL ET THÉORIQUE

4.1 NOTION D'INFORMATIQUE

L'informatique est la science du traitement automatique de l'information à l'aide des machines électroniques.

4.2 NOTION DE BUREAUTIQUE

La bureautique désigne l'ensemble des techniques et outils permettant d'automatiser les activités de bureau (traitement de texte, calcul, communication).

4.3 APPROCHE PÉDAGOGIQUE DANS LE SYSTÈME LMD

Le système LMD privilégie:

- L'approche par compétences;
- L'autonomie de l'étudiant;
- L'apprentissage actif;
- L'évaluation continue.

5 MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DU PLAN DE COURS

La conception de ce plan repose sur:

- L'analyse des besoins des étudiants;
- La définition des objectifs pédagogiques;
- La structuration des contenus;
- Le choix des méthodes pédagogiques adaptées.

5.1 Informations Générales Sur Le Cours

Intitulé: Informatique et Bureautique

Niveau: Bac1

Crédits: 4

Volume horaire: 60 heures

Répartition:

CM: 20 heures

TD: 20 heures

TP: 20 heures

6 Objectifs Pédagogiques

6.1 Objectif Général

Former les étudiants à l'utilisation efficace des outils informatiques et bureautiques.

6.2 Objectifs Spécifiques

À la fin du cours, l'étudiant doit être capable de:

- Décrire les composants d'un ordinateur;
- Expliquer le fonctionnement du matériel;
- Utiliser les logiciels bureautiques;
- Produire des documents numériques.

7 Méthodes Pédagogiques

7.1 Méthode Magistrale

Transmission des connaissances théoriques.

7.2 Méthode Démonstrative

Présentation pratique des logiciels.

7.3 Méthode Active

Participation des étudiants.

7.4 Méthode Par Projet

Réalisation de travaux concrets.

7.5 Méthode Tutorée

Encadrement individualisé.

8 CONTENU DU COURS (DÉVELOPPEMENT DÉTAILLÉ)

Chapitre 1: Les composants de l'ordinateur

1.1. Définition De L'ordinateur

Un ordinateur est un système programmable capable de traiter des données.

1.2. Architecture Générale

L'ordinateur est composé de l'unité centrale et des périphériques.

1.3. Composants Internes

- Processeur (CPU): exécute les instructions.
- RAM: mémoire temporaire.
- Disque dur: stockage permanent.
- Carte mère: assure la communication.
- Alimentation: fournit l'énergie.

1.4. Composants Externes

- Clavier
- Souris
- Écran
- Imprimante

1.5. Activités Pédagogiques

- Observation des composants;
- Identification;
- Exercices pratiques.

1.6. Importance

Ce chapitre permet de comprendre la structure de base d'un ordinateur.

Chapitre 2: Le Hardware

1.1. Définition

Le hardware est l'ensemble des éléments physiques.

1.2. Types De Matériel

- Matériel d'entrée;
- Matériel de sortie;
- Matériel de stockage.

1.3. Fonctionnement

Cycle de traitement de l'information: entrée → traitement → sortie → stockage.

1.4. Maintenance

- Nettoyage;
- Diagnostic;
- Prévention des pannes.

1.5. Travaux Pratiques

- Démontage simple;
- Identification des composants.

Chapitre 3: Le Software

1.1. Définition

Le software regroupe les programmes informatiques.

1.2. Types De Logiciels

- Systèmes d'exploitation: Windows, Linux
- Logiciels applicatifs: Word, Excel, PowerPoint

1.3. Bureautique

Traitement de texte, Tableur et Présentation

1.4. Utilisation Pratique

Création de documents et gestion des fichiers.

1.5. Interaction Hardware/Software

Le logiciel dépend du matériel pour fonctionner.

9 ÉVALUATION

TD: 10 points

TP: 10 points

Interrogation: 10 points

Examen final: 10 points

10 APPORTS PÉDAGOGIQUES

- Développement des compétences numériques;
- Apprentissage actif;
- Autonomie des étudiants.

11 DISCUSSION

Ce plan répond aux exigences du système LMD en intégrant théorie et pratique. Toutefois, sa réussite dépend:

- Des moyens matériels;
- De la compétence de l'enseignant;
- De la motivation des étudiants.

12 CONCLUSION

La conception d'un plan de cours structuré en informatique et bureautique est essentielle pour la formation des étudiants en Bac1. Ce plan favorise l'acquisition de compétences indispensables dans le monde numérique actuel.

REFERENCES

[1] Morley, D., & Parker, C. S. (2014). Understanding Computers: Today and Tomorrow (15th ed.). Cengage Learning.
[2] Beekman, G., & Quinn, M. (2012). Tomorrow's Technology and You. Pearson.
[3] Ouvrages spécialisés en matériel et systèmes.
[4] Panko, R. R. (2010). Business Data Networks and Security (8th ed.). Pearson Education.
[5] Jean, M. (2018). Les composants d'un ordinateur: Guide pratique. Éditions ENI.
[6] Lambert, J., & Cox, J. (2019). Microsoft Office 2019 Step by Step. Microsoft Press.
[7] Shelly, G. B., & Vermaat, M. E. (2011). Discovering Computers. Cengage Learning.
[8] Legendre, R. (2005). Dictionnaire actuel de l'éducation. Guérin.
[9] Altet, M. (1997). Les pédagogies de l'apprentissage. PUF.
[10] Perrenoud, P. (1997). Construire des compétences dès l'école. ESF.
[11] UNESCO (2018). Cadre de compétences des enseignants en TIC.
[12] OCDE (2019). Perspectives de l'éducation à l'ère numérique.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 48 No. 3 May. 2026, pp. 1062-1074
© 2026 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Accounting for sahelian environmental conditions in operational reliability analysis: The case of diesel generator sets in Burkina Faso

Ilboudo Zoewendbem Alain[1] and Bationo Frédéric[1-2]

[1]Ecole Doctorale Sciences et Technologies (ED-ST), Laboratoire de Chimie Analytique, de Physique Spatiale et Energétique (L@CAPSE), Université Norbert ZONGO (UNZ) de Koudougou, Burkina Faso

[2]Laboratoire des systèmes d'énergie renouvelable et de génie mécanique et industriel, Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT), Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), Ouagadougou, Burkina Faso

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

ABSTRACT: In Sahelian countries, diesel thermal power plants remain the primary means of electricity generation. However, their performance is significantly affected by thermal and hygrometric stresses (high ambient temperatures and extreme relative humidity) as well as by heterogeneous maintenance practices. This study analyzes the operational reliability of a fleet of seven diesel generator units at the Komsilga thermal power plant in Burkina Faso using field data collected between 2022 and 2025 (12,500 operating hours, 248 maintenance interventions, hourly environmental measurements, and historical records of failures and component replacements).

The methodological approach combines (i) parametric survival modeling based on the Weibull distribution, extended through an Accelerated Failure Time (AFT) model integrating temperature (T) and humidity (H) as covariates, and (ii) a machine learning approach using a Random Forest model for short-term failure risk prediction (72-hour horizon).

The results reveal a strong negative correlation between temperature and MTBF ($r = -0.72$) and between temperature and reliability ($r = -0.75$), with an amplifying effect of humidity ($r = -0.58$ with MTBF). The Weibull-AFT model highlights an exponential decrease in the scale parameter η as temperature and humidity increase, indicating accelerated equipment aging under severe environmental conditions. Under critical operating conditions ($T > 40$ °C and $H > 70$ %), MTBF decreases by approximately 55% compared with nominal conditions. The predictive Random Forest model achieves an AUC-ROC of 0.92 and identifies temperature as the most influential variable, followed by humidity and time since the last maintenance operation. A predictive maintenance strategy based on a risk score could reduce unplanned downtime by an estimated 20–30% according to simulation results.

KEYWORDS: Reliability, Diesel generator sets, Weibull-AFT model, Sahelian climate, Predictive maintenance, SONABEL.

1 INTRODUCTION

Electric power systems in Sahelian countries still rely heavily on diesel thermal power plants to ensure the balance between electricity supply and demand. However, the intermittency of renewable energy sources such as solar photovoltaic and wind power limits the guarantee of firm power. In this context, an accurate understanding of the operational reliability of diesel generator units becomes a key determinant of: (i) fleet availability, (ii) electricity production costs, and (iii) the continuity of power supply.

In Burkina Faso, diesel generators operate under severe environmental conditions characterized by ambient temperatures that can reach 49 °C, relative humidity exceeding 75%, and frequent dust episodes. These environmental stresses accelerate lubricant degradation, increase thermal constraints, and promote corrosion and electrical faults. In parallel, the variability of maintenance practices such as maintenance quality, intervention frequency, and spare parts availability acts as a confounding

factor. Consequently, a reliability model that is useful for operational management must integrate both environmental stress factors and operational maintenance indicators.

Furthermore, the rapid growth in energy demand resulting from demographic expansion requires strategies aimed at reducing dependence on petroleum products. In addition, the depletion of natural resources reinforces the urgency of sustainable energy transition policies in Sahelian countries [1]. In Burkina Faso, electricity demand has been increasing by more than 10% annually, mainly due to the expansion of the industrial production sector. Currently, two main types of electricity generation technologies are predominantly used by the national electricity company: solar photovoltaic power plants and diesel thermal power plants. Several projects involving these generation technologies are currently under development, with a predominance of diesel-based generation.

According to Toktarova et al. (2025), renewable energy technologies have experienced rapid progress over the past decade, leading to substantial cost reductions and improved cost competitiveness compared to fossil fuel and nuclear technologies (Toktarova et al., 2025). However, fossil fuels are expected to continue supplying nearly 80% of global energy demand by 2040, while also contributing significantly to greenhouse gas emissions [3]. Nevertheless, diesel thermal power plants will continue to play a crucial role in the global energy landscape because they provide reliable, stable, and flexible electricity generation solutions.

In Africa, approximately 80% of electricity production still relies on non-renewable energy sources, including natural gas, oil, and coal [4]. In Burkina Faso, according to the latest figures published in 2025, diesel thermal power plants represent 36% of the installed capacity, solar photovoltaic plants 11.5%, hydroelectric power plants 3.5%, while 49% corresponds to electricity imports within the national electricity company SONABEL [5].

Despite the high potential for both renewable and non-renewable energy resources, Sahelian countries still face significant energy deficits due to limited investment and harsh environmental conditions. Assessing the photovoltaic (PV) solar potential in these countries is therefore essential to evaluate the feasibility of solar energy systems and to support the planning and implementation of solar-based electrification projects [6].

However, electricity generation based solely on renewable energy sources presents several drawbacks. First, the initial investment costs remain relatively high. According to the IEA-PVPS T9-13 report, the installation cost of a diesel thermal power plant ranges between 400 and 800 USD/kW, whereas photovoltaic solar plants require 900 to 1500 USD/kW [7]. Second, electricity supply from renewable sources is not always reliable due to their intermittent and uncertain nature [14].

In Burkina Faso, as in most Sahelian countries, both diesel and photovoltaic power plants are widely used for electricity generation [8]. Unfortunately, these facilities frequently experience equipment failures and performance degradation caused by severe environmental conditions, including high temperatures, humidity levels up to 75%, and significant airborne dust pollution during certain periods of the year [9].

These constraints result in high electricity production costs characterized by increased specific fuel consumption, reduced load capacity, premature generator failures, and decreased efficiency of solar panels. For instance, a study conducted in Nigeria reported an overall reliability of 55.73% for a diesel thermal power plant composed of six generator units. The low reliability was attributed to environmental constraints and maintenance practices based solely on manufacturer recommendations [10].

Diesel thermal power plants are essential for maintaining stable electricity supply, but they are also associated with high operating costs and potential economic losses caused by equipment failures [11]. In addition, the Nigerian energy sector faces numerous production challenges due to insufficient capacity and gas supply issues. Frequent grid disturbances, including generator trips, significantly increase maintenance requirements and operational costs [12].

Electricity production from diesel power plants also depends on the availability of spare parts required for generator operation and maintenance. Power plant operators generally follow manufacturer recommendations to avoid major failures, even though this often leads to excessive spare parts inventories [13]. Maintenance planning typically determines generator shutdown periods for safety inspections over one- or two-year intervals. However, this planning has become an increasingly complex optimization problem. Insufficient maintenance interventions may lead to excessive costly failures, whereas overly frequent maintenance may reduce power system reliability and significantly increase maintenance and operating costs [14].

The objective of this study is to analyze the operational reliability of a fleet of seven diesel generators at the Komsilga thermal power plant in Burkina Faso, in order to develop a predictive maintenance strategy based on a risk score and operational recommendations. Specifically, this study aims to:

- quantify the impact of temperature and humidity on reliability indicators (β, η, MTBF, R (t), λ (t));
- propose a parametric survival model (Weibull-AFT) to predict reliability under environmental covariates;
- enhance predictive maintenance using a Random Forest model for early failure detection.

In this context, a critical review of the scientific literature is necessary to identify existing approaches, their limitations, and the research perspectives that justify the present study.

2 LITERATURE REVIEW

Several studies have demonstrated the importance of environmental factors in the reliability analysis of engineering systems. Zhang et al. (2024) showed the significant impact of temperature on the degradation of mechanical systems, while Chen and Li (2025) developed accelerated aging models incorporating humidity as an acceleration factor [15], [16].

Kumar et al. (2024) validated the use of the Weibull distribution for analyzing diesel engine failures in tropical environments with climatic conditions similar to those observed in Burkina Faso [17]. Earlier research by Mishra et al. (2020) pioneered the analysis of combined temperature-humidity effects on energy system reliability, establishing significant correlations between environmental conditions and equipment failure rates.

Zhang and Li (2021) developed accelerated aging models experimentally validated on medium-power generator sets [18]. Similarly, Garcia et al. (2023) demonstrated the effectiveness of Weibull analysis for predictive maintenance in tropical environments. Chen and Watanabe (2024) further introduced advanced approaches for integrating environmental covariates into reliability models [19], [20].

Smith and Johnson (2020) pioneered the integration of environmental covariates into Weibull reliability models for critical equipment. Their approach improved failure prediction accuracy by approximately 30% compared with traditional models [21]. Zhang et al. (2021) also proposed an environmental accelerated reliability analysis framework establishing quantitative relationships between temperature, humidity, and failure rates for diesel engines [22].

More recently, Chen and Martinez (2023) introduced time-varying Weibull parameter models capable of capturing seasonal variations in failure patterns influenced by climatic conditions [23]. Kumar et al. (2024) conducted a comprehensive study on the impact of thermal stress on generator lifetime in tropical environments, experimentally validating theoretical reliability models. Taiwo and Li (2025), in their recent meta-analysis, confirmed the robustness of Weibull-based approaches for reliability modeling under multiple environmental constraints.

Diesel generators are complex socio-technical systems composed of multiple interacting subsystems including diesel engines, alternators, auxiliary circuits, control systems, cooling systems, lubrication systems, and fuel supply circuits. Recent literature emphasizes that reliability depends not only on thermo-mechanical components (overheating, fatigue, wear) but also on electrotechnical failures (insulation degradation, connection faults, corrosion) and operational conditions such as load variations, start-stop cycles, and fuel quality.

Case studies on industrial and marine diesel engines have widely applied Weibull-based methods to estimate reliability indicators such as reliability function R (t), failure rate λ (t), and mean time between failures (MTBF) [25]. These studies highlight the combined effects of temperature, humidity, and dust exposure, which contribute to accelerated wear, corrosion, and cooling constraints, emphasizing the need to incorporate environmental stress factors into reliability and performance models [26].

According to Shahriaria et al. (2024), the Weibull distribution remains the dominant statistical model in reliability analysis due to its interpretability and its compatibility with key reliability indicators such as R (t), λ (t), MTBF, and the Weibull parameters β (failure regime) and η (scale parameter). Recent studies continue to propose methodological advances in Weibull-based reliability inference [27].

Wang et al. (2021) proposed statistical inference methods for accelerated degradation tests involving multiple stresses and dependent competing failure processes. Their findings demonstrate that reliability decreases significantly under higher temperature, humidity, and random shock conditions, as the average wear rate increases with higher stress levels, leading to higher degradation and lower system reliability [28].

More recently, Yang and Wang (2025) applied the Random Forest algorithm to predict machine failures and evaluate predictive performance. Several performance metrics were used, including accuracy, precision, recall, F1-score, and ROC-AUC.

Among all tested models, the Random Forest model achieved the best performance, reaching a classification accuracy of 99.5% while maintaining a balanced trade-off between recall and precision [29].

3 MATERIALS AND METHODS

3.1 GENERATOR SET FLEET OF THE KOMSILGA DIESEL THERMAL POWER PLANT

The Komsilga thermal power plant has seven (07) MAN B&W and CATERPILAR brand generators, with ratings ranging from 12.5 to 18.9 MW, as shown in table 1 below. It has an installed capacity of more than 90 MW and contributes to more than 30% of the total thermal production of the National Electricity Company of Burkina Faso (SONABEL) [30]. These generators also ensure the production of electrical energy at any time and in any season for the benefit of the National Interconnected Network (NIN) of SONABEL.

Table 1. Generator set fleet of the Komsilga diesel thermal power plant

N°	Brand & type	Nominal power (MW)	Engine speed (RPM)	Year of operation
1	MAN 18V48/60	18,9	500 ~ 514	2013
2	Caterpillar 16CM43C	12,527	500 ~ 514	2012
3	Caterpillar 16CM43C	12,527	500 ~ 514	2012
4	Caterpillar 16CM43C	12,527	500 ~ 514	2012
5	Caterpillar 16CM43C	12,527	500 ~ 514	2014
6	Caterpillar 16CM43C	12,527	500 ~ 514	2014
7	Caterpillar 16CM43C	12,527	500 ~ 514	2014

3.2 DATA AND PREPARATION

The data covers 2022 to 2025 and includes:

3.3 HOURS OF OPERATION;

- 248 maintenance interventions;
- hourly environmental measurements (ambient temperature, machine room temperature and relative humidity);
- failure history and replacement of spare parts.

Before modeling, the series are synchronized on time, missing values are imputed (short interpolation method and seasonal median), and events are encoded in runtime between failures. Censored observations (periods without observed failure until end of follow-up) are retained to avoid selection bias.

3.4 PARAMÈTRES DE LA DISTRIBUTION DE WEIBULL ET EXTENSION À COVARIABLES

Weibull's distribution method is used to develop models in devices with a decline, stable, or increasing failure rates. The versatility of this method is one reason for its wide use in reliability analysis. The Weibull distribution is generally described by shape, scale and threshold parameters. These parameters are known as the three (03) parameter Weibull distribution (Nnaji et al., 2020). Moreover, it is one of the most efficient mathematical models to describe the reliability of technical systems throughout their life cycle. The main advantage of Weibull analysis lies in its ability to model different phases of a component's life cycle using the shape parameter β. When β < 1, the distribution describes the infant mortality failure phase, often caused by manufacturing defects or incorrect break-in procedures. When β = 1, failures occur randomly at a constant rate, typical of systems without significant wear. When β > 1, the intensity of failures increases over time due to wear mechanisms [32]. Thus, the parameters necessary for measuring reliability are (Nnaji et al., 2020): Probability density f (t), representing the probability of failure in a time interval (t) [34].

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta}\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta}} \quad (1)$$

With γ: Positional parameter;

η: Scale parameter;
β: Shape parameter.

- The Mean Time Between two Failures (MTBF) is an arithmetic value and an average over a long period of time with a large number of units. It is given by the following formulas:

$$MTBF = \int_0^{+\infty} R(t)dt \quad (2)$$

$$MTBF = \frac{Uptime}{number\ of\ breakdowns} \quad (3)$$

If λ is constant: $MTBF = \frac{1}{\lambda}$
If λ is not constant, MTBF + Aη + γ

- The reliability function R (t) characterizes the probability that an equipment will not fail until a given moment (t). It is given by the following formula:

$$R(t) = e^{-(\frac{t}{\eta})^{\beta}} \quad (4)$$

- The distribution function F (t) is the general notation of the probability of failure in the time interval [0, t]. It is obtained by:

$$F(t) = 1 - e^{-(\frac{t-\gamma}{\eta})^{\beta}} \quad (5)$$

- The failure rate λ (t) is the probability of failure at the moment (t+dt), knowing that the device was good at the moment t. Also called the failure rate, it depends on the performance time, with the rate varying over the life cycle of an equipment. It is expressed as:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta}(\frac{t}{\eta})^{\beta-1} \quad (6)$$

or:

$$\lambda(t) = \frac{F(t)}{R(t)} \quad (7)$$

Pour intégrer l'environnement, nous adoptons une formulation Accelerated Failure Time (AFT) avec une échelle dépendante des covariables:

$$\eta(x) = \exp(\alpha_0+\alpha_1 \cdot T+\alpha_2 \cdot H+\alpha_3 \cdot T_{_salle}) \quad (8)$$

With:

- T: ambient temperature (°C)
- H: relative humidity (%)
- $T_{_salle}$: machine room temperature (°C)

In this writing, an increase of T or H can decrease η, thus accelerating the appearance of breakdowns (accelerated aging).

4 RESULTS AND DISCUSSION

4.1 ENVIRONMENTAL STATISTICS

The measurements show an average temperature of 42.3 °C (4.7 °C), a temperature range of 32 to 49 °C, and an average relative humidity of 65 % (8 %). Critical periods are generally from March to June with a temperature T > 45 °C and humidity H > 70 %.

4.2 WEIBULL PARAMETERS BY GENERATOR GROUP AND INTERPRETATION

Except for G4 (β < 1), the other generator groups exhibit β > 1, indicating a wear-out phase characterized by an increasing failure rate. Generator G4 shows the best reliability at 100 h (0.82) and a relatively high MTBF, although improvements are still possible.

Table 2 below presents the Weibull parameters and the reliability indicators derived from field data.

Table 2. Weibull parameters and reliability indicators (derived from field data)

Generator	β	η (h)	MTBF (h)	R(100h)
G1	1.15	285	267	0.72
G2	1.08	310	295	0.74
G3	1.25	240	225	0.68
G4	0.92	420	378	0.82
G6	1.42	380	350	0.78

Furthermore, **Figure 1** below illustrates the **Weibull reliability curves for each generator group based on the estimated parameters β and η**.

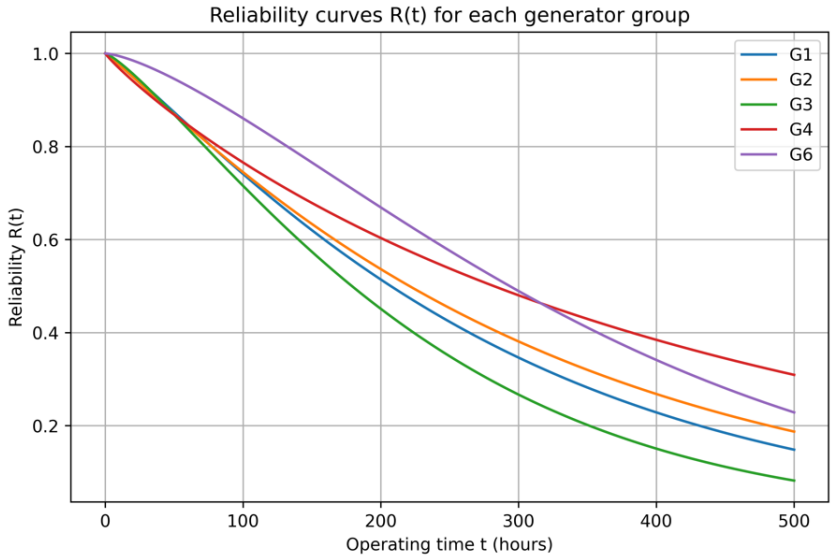


Fig. 1. Reliability curves R (t) for each generator group

INTERPRETATION

All reliability curves decrease over time. In other words, as operating time increases, the probability of remaining operational decreases, reflecting the progressive increase in failure probability. This behavior is typical of diesel generators subjected to wear processes.

For G1, G2, G3, and G6, where β > 1, the curves show a steep downward trend, corresponding to an increasing failure rate and progressive wear-out regime.

Conversely, G4 exhibits a smoother slope, associated with a decreasing failure rate, indicating behavior closer to that of a stable system. This suggests that the unit is either better maintained or less heavily utilized.

These results confirm that the reliability of the generator fleet is heterogeneous, despite the units having similar technical characteristics.

Overall, it can be concluded that the power plant operates predominantly in a wear-out regime, with different degradation rates across the generator units.

4.3 CORRELATIONS AND QUANTIFICATION OF ENVIRONMENTAL IMPACT

The correlation matrix highlights the following relationships:

- Temperature and MTBF (**r = −0.72**)
- Temperature and Reliability (**r = − 0.75**)
- Humidity and MTBF (**r = − 0.58**)
- Humidity and Reliability (**r = − 0.62**)
- Temperature and Failure Rate (**r = 0.78**)

These relationships support a coherent causal mechanism: T↑→η↓→MTBF↓→R (t) ↓→λ (t) ↑T↑

with humidity acting as an amplifying factor.

Thus, the relationship between MTBF and temperature is illustrated in Figure 2.

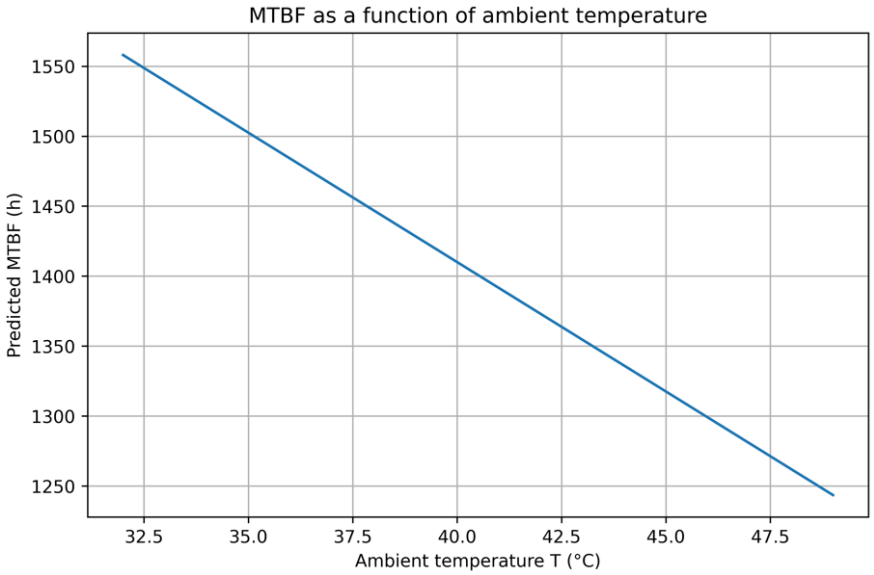


Fig. 2. MTBF as a function of temperature (linear regression model)

INTERPRETATION

The results show that MTBF decreases as temperature increases.

More specifically, an increase of 1°C leads to an average MTBF reduction of approximately 18.5 hours.

Temperature therefore acts as an accelerating factor of equipment aging, particularly through:

- faster degradation of lubricants
- increased mechanical stress
- reduced thermal efficiency
- overheating of electrical components

This figure ultimately indicates that ambient temperature is the primary driver of generator fleet degradation.

Furthermore, Figure 3 illustrates how MTBF varies with humidity when temperature remains constant.

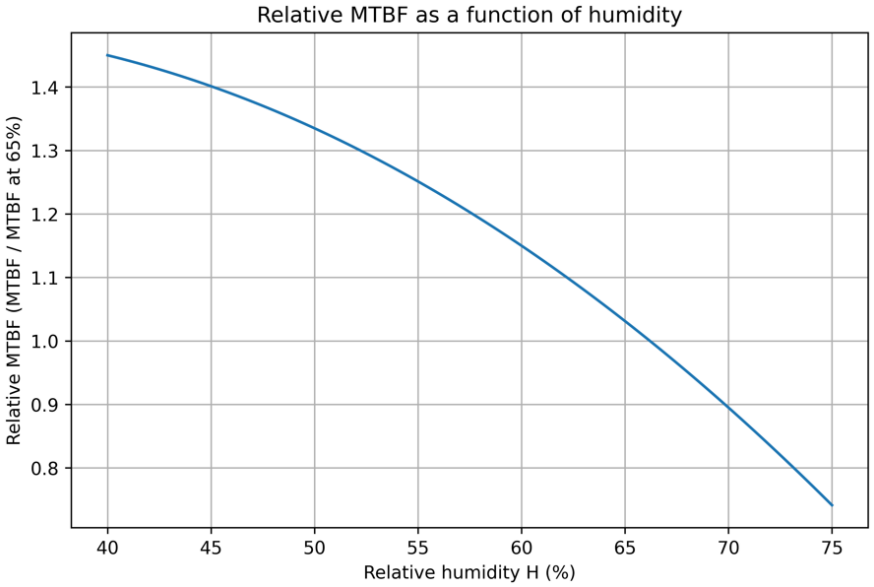


Fig. 3. Relative MTBF surface (T, H): visualization of performance zones

INTERPRETATION

When humidity increases, MTBF decreases even at constant temperature.

Humidity alone does not fully explain the degradation process. Its impact is weaker than that of temperature, but it amplifies thermal stress effects.

Therefore, humidity does not independently trigger failures, but it significantly accelerates degradation mechanisms already induced by heat. **Figure 4** illustrates the relative MTBF as a function of both temperature (T) and humidity (H).

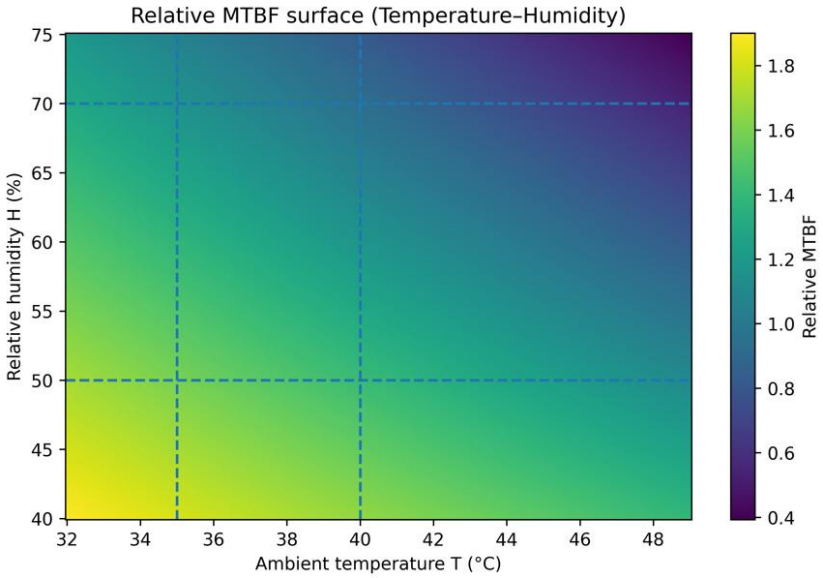


Fig. 4. Relative MTBF surface (Temperature–Humidity)

INTERPRETATION

Two main operating zones can be identified:

High-performance zone (green/high region)

- Moderate temperature
- Low to moderate humidity
- Corresponds to optimal operating conditions.

Critical zone (T > 40°C and H > 70%)

- MTBF drops sharply
- MTBF reduction reaches approximately 55%.

This indicates that environmental effects are not simply additive, but involve nonlinear interactions between temperature and humidity.

This figure therefore validates the use of the Weibull-AFT model and the accelerated aging hypothesis under climatic stress.

It also demonstrates that reliability depends on environmental coupling rather than on a single factor.

In conclusion, Sahelian climatic conditions create a combined stress zone in which reliability declines sharply.

Overall, the figures demonstrate that the reliability of diesel generators operating in Sahelian environments is governed by an accelerated aging process induced by thermo-hygrometric coupling. Temperature acts as the primary driver of wear acceleration, while humidity amplifies electrochemical and thermal degradation mechanisms, leading to a nonlinear reduction of MTBF under extreme conditions.

5 PREDICTIVE RELIABILITY ANALYSIS USING RANDOM FOREST

The Weibull-AFT model provides an explanatory reading and a medium/long term projection (η, MTBF, R functions and λ). For the operational decision (trigger an action within 24–72 h), we introduce a Random Forest that learns non-linear relationships and interactions (thermal/hygrometric thresholds, effect of time since the last maintenance). Thus, explanatory variables such as ambient temperature, machine room temperature, number of operating hours, time since last maintenance, number of historical breakdowns, and seasonal indicator have emerged. What led to the identification of a target variable: failure in the next 72 hours (binary classification).

To avoid over-estimation of performance (time leaks), the evaluation should prioritize a time validation (train on previous periods, test on later periods) and a class balancing if the failure is rare. Beyond AUC-ROC, we recommend reporting: (i) PR-AUC (rare class), (ii) confusion matrix at the chosen threshold, (iii) Brier score / calibration curve for probabilistic quality of alerts, and (iv) stability analysis of variable importances.

The results obtained after the test games gave the following performances:

- Accuracy = 88.4%,
- Accuracy = 85,7 %,
- Reminder = 90,1 %,
- F1-score = 87.8%,
- AUC-ROC = 92%.

Ambient temperature (~34.6%) and humidity (~21.8%) dominate the feature importance ranking, confirming the survival analysis results.

The Random Forest model provides not only a binary decision (failure/no failure) but also an instantaneous probability of failure.

A **risk score** is therefore defined:

R_{RF} (t) = P (défaillance | X (t)) (9)

with: X (t) representing the set of operational and environmental variables observed at time t namely: ambient temperature, relative humidity, temperature machine_room, time since last maintenance, cumulative operating time, history of breakdowns and seasonal indicator. Thus, three (03) zones are proposed:

- low (< 0.3): normal operation;
- moderate (0.3 - 0.6): enhanced surveillance;
- high (0.6): priority maintenance.

In simulation, 78% of outages are detected 48 hours in advance, with an estimated reduction of 20 to 30% of unplanned stops.

6 DISCUSSION

The results converge towards a robust conclusion: thermal stress is the main determinant of group reliability, and humidity amplifies this stress. The identified mechanisms (overheating, oil degradation, corrosion, electrical defects) are consistent with the observed correlations and the increase of λ (t) when T and H increase. From a methodological point of view, the hybrid approach is particularly relevant: Weibull-AFT to interpret and extrapolate, Random Forest to anticipate in the short term and manage non-linearities. Methodologically, the hybrid approach proves particularly effective:

The results obtained confirm the results of [35], [36], where the advantages of proactive and predictive models to reduce the frequency of failures were highlighted. In our case, the results show that the ambient temperature is the most penalizing factor for the reliability of generators. Two elements strongly converge namely: (i) the correlations indicate a robust relationship between temperature and degradation of reliability performance: Temperature - MTBF (r = 0.72), Temperature - Reliability (r = 0.75) and Temperature - failure rate (r = 0.78)., (ii) the simple model MTBF (h) = 2150 18.5 T (R2 =0, 87) quantifies an average loss of 18.5 h of MTBF per degree Celsius, with an inflection point around 35-38°C, suggesting a regime change (limiting saturation/cooling, thermal stress rise, accelerated aging).

This sensitivity is consistent with the principles of 'rating': many electromechanical equipment is specified with a maximum reference ambient temperature around 40°C (beyond that, derating or an increase in thermal risk is expected). For example, IEC 60034-1 reminds us that the atmosphere must not exceed 40°C for the usual nominal operating conditions of rotating machines.

In our case, the observed temperature is on average 42.3°C (up to 49°C). This reinforces the plausibility of the mentioned mechanisms (overheating, oil degradation, thermal engine/alternator constraints), and justifies a seasonal operation/maintenance strategy.

The relative humidity presents a secondary, but amplifying influence. The observed correlations (H–MTBF: r = 0.58) show that even at constant temperature, an increase in humidity leads to a decrease in mean time between failures.

This result is consistent with the work of Wang et al. (2021), who demonstrate that the combination of several environmental constraints produces synergistic effects on system degradation [37]. In the case of generators, humidity contributes notably to:

- the corrosion of metal surfaces;
- the degradation of electrical insulators;
- the increase in connection faults.

The analysis of β parameters shows that the majority of groups evolve in a wear regime (β > 1), characterized by an increasing failure rate over time.

This trend confirms the results obtained in similar studies on industrial and marine diesel engines [38], [39]. The special case of the G4 group (β < 1) suggests a more stable behavior, which can be attributed to:

- a better quality of maintenance,
- a lesser solicitation,
- or a more favorable mechanical state.

These observations show that, even in an identical environment, maintenance practices play a determining role in the variability of reliability performances.

A major contribution of this study lies in the combination of two approaches:

- the Weibull-AFT model, allowing a physical interpretation of aging;
- the Random Forest, oriented towards short-term operational decision making.

The performance obtained (AUC-ROC = 0.92; recall = 90.1%) confirms the recent results of [40], which show the robustness of Random Forest models for predicting industrial failures.

This complementarity is essential:

- the survival model explains why breakdowns appear;
- the ML model indicates when to intervene.

Thus, the proposed hybrid approach exceeds the limits of classical analyses focused solely on statistical modeling.

7 CONCLUSION AND OUTLOOK

This study demonstrates the major impact of Sahelian environmental conditions on the operational reliability of diesel thermal power plant generators. The integration of climate variables in a Weibull-AFT model allowed quantifying the acceleration of equipment aging, highlighting a reduction in MTBF that can reach about 55% under critical thermo-hygrometric conditions.

The analysis reveals that temperature is the main factor of degradation, while humidity acts as an amplifier of thermal and electrochemical wear mechanisms. The results confirm that the reliability of generators does not only depend on their mechanical design, but also strongly on their operating environment.

Furthermore, the integration of a Random Forest prediction model effectively completes survival analysis by offering short-term anticipation capacity. The proposed probabilistic risk score allows a concrete transformation of maintenance strategies, moving from a calendar-based preventive logic to a predictive one.

This hybrid approach thus constitutes an original methodological contribution for electric power generation systems operating under severe climatic constraints and provides a directly applicable framework for diesel thermal power plants in the Sahel countries.

OUTLOOK:

Future work could focus on:

- the integration of new operational variables (actual load, fuel quality, dust);
- multi-state or concurrent risk modeling;
- the integration of life cycle cost for overall techno-economic optimization.

Ultimately, this study establishes a robust basis for the development of intelligent maintenance strategies aimed at sustainably improving the availability of thermal power plants in the Sahelian environment.

REFERENCES

[1] A. Barragán-Ocaña, E., Cecilio-Ayala, P., Silva-Borjas, J. A. Cortés-Ruiz., & E.Y. Hernandez-Cardona, « Policies and sustainable energy transition in the global environment: Challenges for Latin America », *Heliyon,* vol. 11, n° 6, mars 2025, doi: 10.1016/j.heliyon.2025.e42295.

[2] A. Toktarova., L. Göransson., & F. Johnsson, « Electrification of the energy-intensive basic materials industry – Implications for the European electricity system », *International Journal of Hydrogen Energy,* vol. 107, p. 279-295, mars 2025, doi: 10.1016/j.ijhydene.2024.08.016.

[3] Q. Abbas., H. Yaqoob., U. Sajjad., H. M. Ali., & M.M. Jamil, « Utilization of local coal in Pakistan's oil-fired power plants and future clean technologies for power generation », *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering,* vol. 11, p. 101132, juin 2025, doi: 10.1016/j.cscee.2025.101132.

[4] H. P. Ishaku., H. Adun., M. Jazayeri., & M. Kusaf, « Decarbonisation Strategy for Renewable Energy Integration for Electrification of West African Nations: A Bottom-Up EnergyPLAN Modelling of West African Power Pool Targets », *Sustainability,* 2022, Consulté le: 12 mai 2025.
[En ligne]. Disponible sur: https://agris.fao.org/search/en/providers/122413/records/6474aecba3fd11e43037f3b1.

[5] B. D. D. Sacko., S. Sanogo., & A. Ba, « Data related to performance evaluation of an installed on-grid photovoltaic system at Bamako », *Data Brief,* vol. 50, p. 109514, oct. 2023, doi: 10.1016/j.dib.2023.109514.

[6] W. S. Ebhota & P. Y. Tabakov, « Assessment of solar photovoltaic potential of selected site locations in cities across sub-Saharan Africa », *Energy Syst,* oct. 2023, doi: 10.1007/s12667-023-00625-9.

[7] D. Yamegueu., H. T. Nelson., & A. S. Boly, « Improving the performance of PV/diesel microgrids via integration of a battery energy storage system: the case of Bilgo village in Burkina Faso », *Energ Sustain Soc,* vol. 14, nº 1, p. 48, août 2024, doi: 10.1186/s13705-024-00480-1.

[8] I. Z. Alain., B. Frédéric., & D. M. Lamine, « Technological Paradigm Between the Production of Photovoltaic and Thermal Solar Energy in Sahelo-Sahelian Countries », *Sci. J. Energy Eng.,* vol. 12, nº 3, Art. nº 3, sept. 2024. doi: 10.11648/j.sjee.20241203.12.

[9] A. Ilboudo & F. Bationo, « Maintenance strategy focused on the specific consumption of diesel generators in sub-saharan countries: Case of National Electricity Company of Burkina Faso », *International Journal of Engineering and Applied Physics,* vol. 2, nº 3, p. 492-501, sept. 2022.

[10] A. Kolawole., Agboola., O.Oluwole., Ikubanni., P.Pelumi., Raji., O. Ganiyu, & C.O. Osueke, « Reliability and power loss analysis: A case study of a power plant in Nigeria », *Cogent Engineering,* vol. 6, nº 1, p. 1579426, janv. 2019. doi: 10.1080/23311916.2019.1579426.

[11] O. Kundacina., V. Vincan., G. Gojic., V. Ninkovic., & D. Miskovic, « Conformal Anomaly Detection for Predictive Maintenance in Thermal Power Plants », *IEEE Access,* vol. 13, p. 39738-39752, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3546451.

[12] A. U. Adoghe., T. M. Adeyemi-Kayode., V. Oguntosin., & I.I. Amahia, « Performance evaluation of the prospects and challenges of effective power generation and distribution in Nigeria », *Heliyon,* vol. 9, nº 3, mars 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e14416.

[13] Farizal., Z. Taurina., E. Endrianto., R. Nurcahyo., & Yassierli, « Power Plant Spare Parts Inventory Determination Using Modified Multi-criteria Classification and the Semi-Delphi Methods », *Arabian Journal for Science and Engineering,* 2024, doi: 10.1007/s13369-024-09813-w.

[14] M. FATTAHI., M. MAHOOTCHI., H. MOSADEGH., & F. FALLAHI, « A new approach for maintenance scheduling of generating units in electrical power systems based on their operational hours », *Comput. oper. res,* vol. 50, p. 61-79, 2014.

[15] L. Zhang *et al.,* « Investigation of high-temperature effects on the strengthening and degradation of mechanical property in sandstone », *Applied Energy,* vol. 357, p. 122532, mars 2024, doi: 10.1016/j.apenergy.2023.122532.

[16] T. Mollick., G. Hashmi., & S. R. Sabuj, « Wind speed prediction for site selection and reliable operation of wind power plants in coastal regions using machine learning algorithm variants », *Sustainable Energy res.,* vol. 11, nº 1, p. 5, févr. 2024, doi: 10.1186/s40807-024-00098-z.

[17] D. D. Olodu., A. Erameh., O. I. Ihenyen., & F. Inegbedion, « Design and Optimization of a Hybrid Renewable Energy System for Sustainable Power Generation », *Journal of Energy Trends,* vol. 2, nº 1, p. 1-12, juill. 2025. doi: 10.5281/zenodo.16415542.

[18] J. Cai *et al.,* « Review on Aging of Bio-Oil from Biomass Pyrolysis and Strategy to Slowing Aging », *Energy Fuels,* vol. 35, nº 15, p. 11665-11692, août 2021, doi: 10.1021/acs.energyfuels.1c01214.

[19] C. A. Ropero-Gaona & A. Lucas-Marmol, « Analysis of reliability based on preventive maintenance of failures in the VSH-2 mechanical pumping unit for oil extraction », *Int J Syst Assur Eng Manag,* vol. 14, nº 6, p. 2695-2719, déc. 2023, doi: 10.1007/s13198-023-02125-6.

[20] Y. Chen *et al.,* « An LSTM-Assisted GNSS/INS Integration System Using IMU Recomputed Error Information for Train Localization », *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems,* vol. 60, nº 3, p. 2658-2671, juin 2024, doi: 10.1109/TAES.2023.3328318.

[21] D. Mandelli., C. Wang., & C. L. Smith, « Integration of Data Analytics with Plant System Health Program », Idaho National Laboratory (INL), Idaho Falls, ID (United States), INL/EXT-20-59928-Rev000. oct. 2020. https://www.osti.gov/biblio/1691467.

[22] C. Li, « Current Status and Prospects of Reliability Test Research on Special Computers », *E3S Web Conf.,* vol. 261, p. 01054, 2021, doi: 10.1051/e3sconf/202126101054.

[23] K. Xue., J. Yang., M. Yang., & D. Wang, « An Improved Generic Hybrid Prognostic Method for RUL Prediction Based on PF-LSTM Learning », *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement,* vol. 72, p. 1-21, 2023. doi: 10.1109/TIM.2023.3251391.

[24] R. A. Taiwo, « Integrated intelligent models for understanding and predicting pipe failures in water distribution networks », 2025. https://theses.lib.polyu.edu.hk/handle/200/13669.

[25] H. Gharib & G. Kovacs, « Reliability analysis of marine diesel engines vs. industrial diesel engines: a comparative approach », *Acta logist,* vol. 11, nº 02, p. 325-337, juin 2024, doi: 10.22306/al.v11i2.516.

[26] M. Issa., H. Ibrahim., H. Hosni., A. Ilinca., & M. Rezkallah «Effects of Low Charge and Environmental Conditions on Diesel Generators Operation ». 2020. https://www.researchgate.net/publication/344784670_Effects_of_Low_Charge_and_Environmental_Conditions_on_Diesel_Generators_Operation?utm_source=chatgpt.com

[27] M. Shahriari., H. Shahrasbi., & A. Zaretalab, « Reliability analysis of lifetime systems based on Weibull distribution », *IJNAA,* vol. 15, nº 1, janv. 2024, doi: 10.22075/ijnaa.2024.31309.4609.

[28] Y. Liu., Y. Wang., Z. Fan., G. Bai., & X. Chen, « Reliability modeling and a statistical inference method of accelerated degradation testing with multiple stresses and dependent competing failure processes », *Reliability Engineering & System Safety,* vol. 213, p. 107648, sept. 2021, doi: 10.1016/j.ress.2021.107648.

[29] Y. Yang & H. Wang, « Random Forest-Based Machine Failure Prediction: A Performance Comparison », *Applied Sciences,* vol. 15, n° 16, p. 8841, janv. 2025, doi: 10.3390/app15168841.

[30] I. Z. Alain., B. Frédéric., & D. M. Lamine, « Technological Paradigm Between the Production of Photovoltaic and Thermal Solar Energy in Sahelo-Sahelian Countries », *Sci. J. Energy Eng.,* vol. 12, n° 3, p. 37-47, sept. 2024. doi: 10.11648/j.sjee.20241203.12.

[31] O. E. Nnaji., B. Nkoi., M. T. Lilly., & A. K. Le-ol, « Evaluating the Reliability of a Marine Diesel Engine Using the Weibull Distribution », vol. 2, n° 2, 2020.

[32] D. Budimir., D. Medić., V. Ružić., & M. Kulej, « Integrated Approach to Marine Engine Maintenance Optimization: Weibull Analysis, Markov Chains, and DEA Model », *Journal of Marine Science and Engineering,* vol. 13, n° 4, Art. n° 4, avr. 2025, doi: 10.3390/jmse13040798.

[33] S. Ferrisi., P. Cappellari., R. Guido., D. Umbrello., & G. Ambrogio, « Application of Two-Parameter Weibull Distribution for Predictive Maintenance: A Case Study », *Procedia Computer Science,* vol. 253, p. 3160-3168, janv. 2025, doi: 10.1016/j.procs.2025.02.041.

[34] D. Budimir., D. Medić., V. Ružić., & M. Kulej, « Integrated Approach to Marine Engine Maintenance Optimization: Weibull Analysis, Markov Chains, and DEA Model », *Journal of Marine Science and Engineering,* vol. 13, n° 4, p. 798, avr. 2025, doi: 10.3390/jmse13040798.

[35] M. Çalışkan., M. Cicioğlu., A. Çalhan., & A. E. Dirik, « Machine Learning-Based Failure Detection Using Internet of Things: A Case Study for Proactive Maintenance », 29 novembre 2024, *Social Science Research Network, Rochester, NY*: 5038202. doi: 10.2139/ssrn.5038202.

[36] Y. Dong., Z. Zhou., K. Liu., & X. Yang, « Multi-Stress Accelerated Degradation Testing Reliability Asessment of LED Lamp Beads Considering Generalized Coupling », *Applied Sciences,* vol. 14, n° 19, p. 8767, janv. 2024, doi: 10.3390/app14198767.

[37] H. Gharib & G. Kovacs, « Reliability analysis of marine diesel engines vs. Industrial diesel engines: a comparative approach », *Acta logist,* vol. 11, n° 02, p. 325-337, juin 2024, doi: 10.22306/al.v11i2.516.

[38] M. Shahriari., H. Shahrasbi., & A. Zaretalab, « Reliability analysis of lifetime systems based on Weibull distribution », *International Journal of Nonlinear Analysis and Applications,* vol. 15, n° 1, p. 321-329, janv. 2024, doi: 10.22075/ijnaa.2024.31309.4609.

[39] Y. Yang & H. Wang, « Random Forest-Based Machine Failure Prediction: A Performance Comparison », *Applied Sciences,* vol. 15, n° 16, p. 8841, janv. 2025, doi: 10.3390/app15168841.