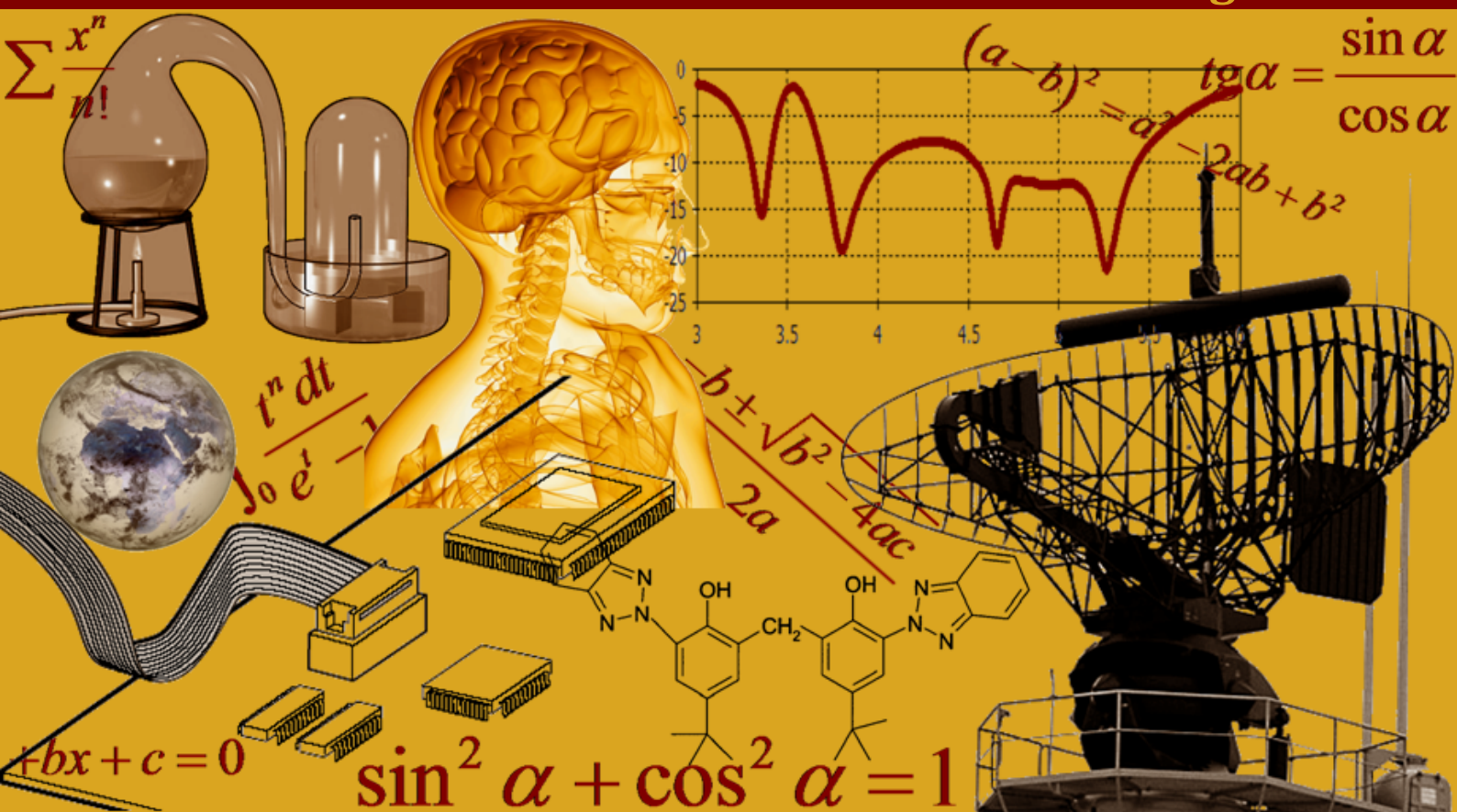


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 62 N. 1 August 2022



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Scientific Research

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

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

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

Editorial Advisory Board

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

Table of Contents

Morphologie du fond et tendance évolutive de la dynamique sédimentaire des chenaux du secteur aval du Lac de Buyo (Côte d'Ivoire)	1-13
<i>Konan Guy Serge, Adopo Kouassi Laurent, Atto Yapi Désiré Sosthène Ronald, and Mondé Sylvain</i>	
Féminisme et gouvernance locale à Lubumbashi (Commune Rwashi)	14-24
<i>Makolo Makolo Etienne, Thumba Mutshima Sylvie, Muteba Byamungu Brigitte, and Pungu Mukumbi Denis</i>	
Pression exercée par les entreprises pâtisseries artisanales et nganda ntaba sur la végétation arborée urbaine et périurbaine à Kinshasa en République Démocratique du Congo	25-39
<i>Joël Tungi Tungi Luzolo, Elie Nsimba Ngembo, Christ Lendo Masivi, Eric Lutete Landu, Michel Ngoy Kibwila, and Raymond Lumbuenamo Sinsi</i>	
Effet du degré d'enherbement sur l'infestation de la culture du Maïs (<i>Zea mays</i> (L.), Poaceae) par les insectes ravageurs majeurs dans le Centre de la Côte d'Ivoire	40-50
<i>Kra Frédéric Kouamé, Awa Touré, Edouard Yves Gilchrist Kouadio, Mamadou Djénéba Coulibaly, and Mamadou Cherif</i>	

Morphologie du fond et tendance évolutive de la dynamique sédimentaire des chenaux du secteur aval du Lac de Buyo (Côte d'Ivoire)

[Bottom morphology and evolutionary trend of the sediment dynamics of the channels in the downstream sector of Lake Buyo (Côte d'Ivoire)]

Konan Guy Serge¹, Adopo Kouassi Laurent¹, Atto Yapi Désiré Sosthène Ronald^{1,2}, and Monde Sylvain¹

¹Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, Unité de formation et de recherche des Sciences de la terre et des ressources Minières, 22 BP 582 Abidjan 22, Abidjan, Côte d'Ivoire

²Département Mines et réservoirs, Université de Man, Unité de formation et de recherche des Sciences Géologiques et Minières, BP 20 Man, Man, Côte d'Ivoire

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The objective of this study is to present the morphology of the bottom and to characterise the filling dynamics in the downstream sector of Buyo lake. A bathymetric survey carried out in March 2021 and the use of an old topographic map of the Buyo hydroelectric development dated 1980, allowed to apprehend the impact of the hydrosedimentary processes on the morphological evolution of the Buyo lake bottom. The analysis of the topo-bathymetric maps revealed that the downstream sector of Buyo Lake presents a rather irregular relief with depths ranging from 0 to 26 m. The greatest depths are located at the level of the flood spillway and the shallowest depths in the vicinity of the water intake. The 3D map of the lake shows the presence of depressions and shallows. The maximum depth was 24 m in 1982 and will be 26 m in 2021. In some places, the depressions of 4 and 22 m that were recorded in 1982 are 6 and 16 m respectively in 2021. The volume of deposition over the last 39 years (1982 to 2021) is estimated to be about 6,130,297.08 m³ of sediment with a filling rate of 68 cm/year. The analysis of the main channels revealed bathymetric profiles of intermediate and « V » morphology.

KEYWORDS: bathymetry, filling, hydrosedimentary, channels, Buyo lake.

RESUME: L'objectif de cette étude vise à présenter la morphologie du fond et à caractériser la dynamique de comblement dans le secteur aval du lac de Buyo. Un levé bathymétrique réalisé en Mars 2021 et l'utilisation d'une ancienne carte topographique de l'aménagement hydroélectrique de Buyo datée de 1980, ont permis d'appréhender l'impact des processus hydrosédimentaire sur l'évolution morphologique du fond du lac de Buyo. L'analyse des cartes topo bathymétriques a révélé que le secteur aval du lac de Buyo présente un relief assez irrégulier avec des profondeurs allant de 0 à 26 m. Les plus grandes profondeurs se situent au niveau du déversoir de crue et les faibles profondeurs au voisinage de la prise d'eau. La carte 3D du lac montre la présence de dépressions et de hauts fonds. La profondeur maximale qui était de 24 m en 1982 est passée à 26 m en 2021. A certains endroits, les dépressions de 4 et 22 m qui ont été enregistrées en 1982 sont respectivement de 6 et 16 m en 2021. Le volume de dépôt au cours des 39 dernières années (1982 à 2021) est estimé à environ 6.130.297,08 m³ de sédiments avec une vitesse de comblement de 68 cm/an. L'analyse des chenaux principaux a mis en évidence des profils bathymétriques de morphologie intermédiaire et en « V ».

MOTS-CLEFS: Bathymétrie, comblement, hydrosédimentaire, chenaux, lac de Buyo.

1 INTRODUCTION

Les barrages représentent des obstacles artificiels s'opposant à l'écoulement naturel de l'eau et sont ainsi construits afin de répondre à une ou plusieurs des fonctions notamment la production d'énergie hydroélectrique et l'alimentation en eau domestique ou industrielle. La Côte d'Ivoire possède un vaste réseau hydrographique avec sept (7) importants barrages hydroélectriques (Ayamé 1, Ayamé 2, Kossou, Taabo, Buyo, Fayé et Soubré). Les retenues d'eau des barrages hydroélectriques de Côte d'Ivoire sont de plus en plus confrontées aux problèmes hydro sédimentaires. Des travaux récents ([10]; [12]; [5]; [4]; [3]; [7]) ont montré que ces retenues d'eau, qui représentent

des atouts majeurs pour soutenir le développement du pays, sont menacées par les variations hydrologiques, la pollution, l'envasement et l'ensablement. Les sédiments émanant des activités agricoles, de l'intensification des phénomènes d'érosion ont conduit au comblement des lacs [9]; [2].

Le lac de Buyo, sur lequel porte notre présente étude, n'échappe pas aux problèmes d'envasement et d'ensablement. La progression des dépôts solides dans le lac engendre la modification de la morphologie du fond, la perte de la capacité de stockage du réservoir, altère le rôle habituel des organes d'exploitation de l'ouvrage et diminue sa durée de vie. Malgré, les dangers inhérents au comblement du lac avec le temps, aucune étude morphobathymétrique n'a été entreprise sur le lac du barrage hydroélectrique de Buyo.

Pour initier donc des actions visant la conservation, la pérennisation et la gestion durable du lac de Buyo, cette étude a été réalisée en vue de fournir des éléments précis et solides pour une meilleure compréhension de la tendance évolutive de la dynamique sédimentaire. La présente étude vise donc à présenter la morphologie du fond et à déterminer la dynamique sédimentaire dans le secteur aval du lac de Buyo.

2 SITE D'ETUDE

Le lac de Buyo, l'espace d'étude est localisé au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire dans la ville de Buyo, appartenant au département de Soubré dans la région de la Nawa à 513 Km d'Abidjan (capitale économique). Le lac se situe entre la latitude 6°19'60" N et la longitude 7°10'0" W avec une superficie de 920 km² (figure 1).

Le réservoir d'eau, objet d'investigation est le secteur aval du lac de Buyo. La zone Buyo, correspondant à la zone du réservoir créée par les installations hydroélectriques de la Compagnie Ivoirienne d'Electricité (CIE). Le régime des eaux du lac est sous la dépendance des pluies. Le niveau atteint par les basses et hautes eaux dépend essentiellement des apports des fleuves N'Zo et Sassandra. La pluviométrie annuelle est comprise entre 1250 et 1643 mm.

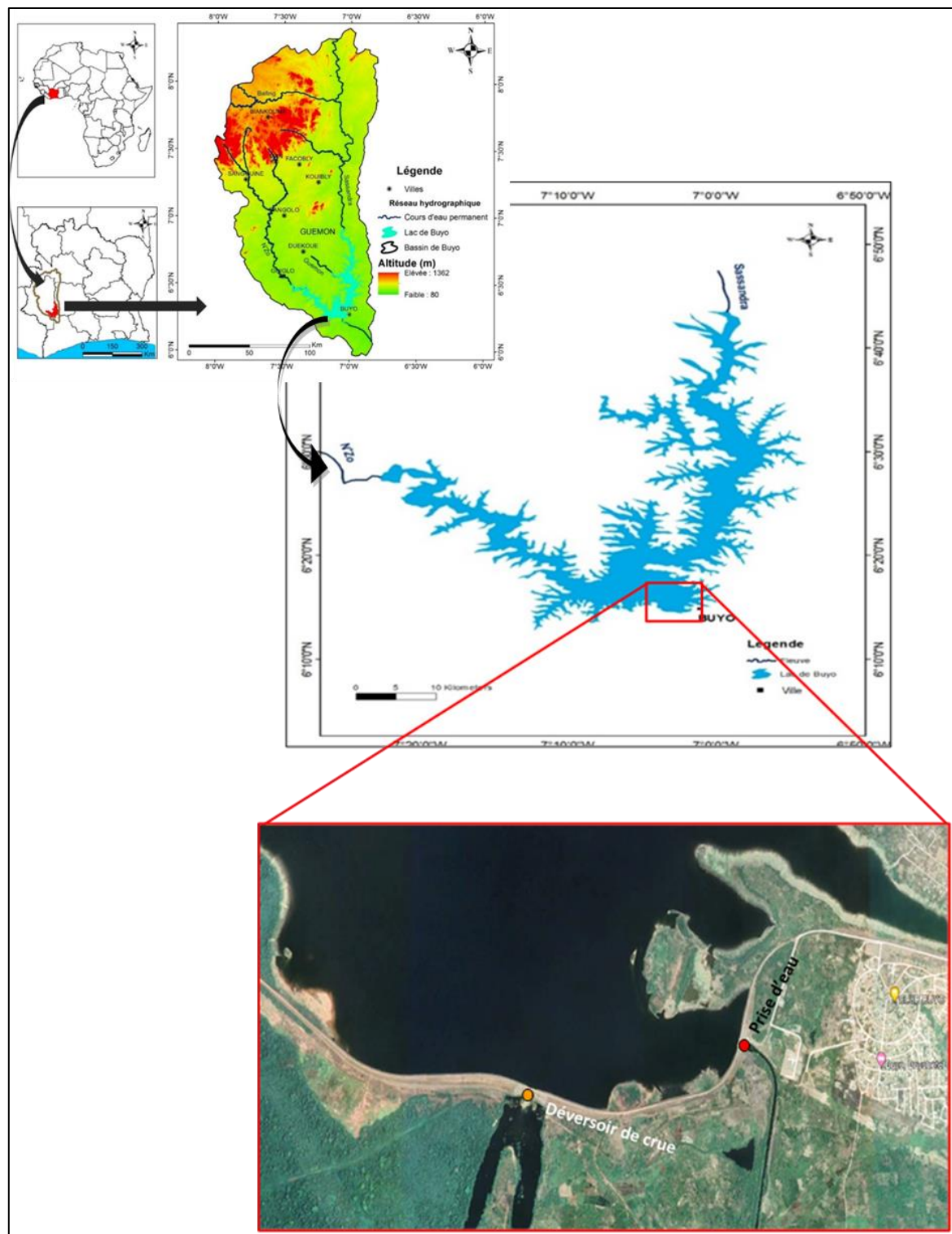


Fig. 1. Localisation de la zone d'investigation

3 METHODE D'ETUDE

3.1 BATHYMETRIE DU LAC DE BUYO

L'étude de la morphologie du fond du secteur aval du lac de Buyo a été effectuée par l'intermédiaire d'un levé bathymétrique, réalisés à l'aide d'un échosondeur de type Lowrance, modèle Elite-4. Cette mission a été réalisée en mars 2021 correspondant à la période d'étiage du fleuve Sassandra. Le système de détection bathymétrique comprend un transducteur, un émetteur et un récepteur. Lors des travaux, le transducteur est fixé sur la coque de l'embarcation à une profondeur d'immersion de 8 cm. Ainsi, le faisceau acoustique étant orienté vers le bas explore le fond.

À chaque station, l'échosondeur affiche concomitamment la profondeur, les coordonnées géographiques et l'altitude [13]. Les mesures ont été effectuées suivant des radiales approximativement perpendiculaires aux rives du lac. Selon l'étendue de la surface du plan d'eau à parcourir une distance entre les radiales de 50 à 100 m a été fixée. Cependant, lors des levés bathymétriques des changements morphologiques brusques survenaient. Notamment, des changements dus à la présence d'arbres immergés et de filets de pêche. Dans ce cas, la distance entre les radiales devait être resserré pour ne pas perdre le détail de la topographie du fond. Pour l'ensemble du plan d'eau, environ 9397 points de sonde ont été enregistrés (figure 2).

Un certain nombre de corrections ont été par la suite apporté aux données brutes issues des capteurs. Ces corrections sont importantes car elles permettent de réduire les marges d'erreur et de déterminer la profondeur réelle de chaque point.

Les cartes bathymétriques ont été élaborées au moyen du logiciel de cartographie "Surfer 11" par krigeage qui est un programme écrit par Golden Software Inc. L'établissement des cartes a consisté à créer des fichiers graphiques à partir des fichiers de données (X: longitude; Y: latitude et Z: profondeur corrigée de la sonde) rangées en colonne à l'aide du tableur Surfer (Worksheet). La cote 192 m du plan d'eau par rapport au niveau moyen de la mer est la cote de référence pour la carte bathymétrique. Cette cote correspond au niveau le plus élevé du lac de barrage lors des sondages bathymétriques.

3.2 CALCUL DU COMPLEMENT

La carte topographique de l'aménagement hydroélectrique de Buyo de 1980 et le levé bathymétrique réalisé en 2021 ont été utilisés afin d'apprécier l'évolution de la morphologie du fond du secteur aval du lac de Buyo. Les deux séries de données sont transformées en Modèle Numérique de Profondeur (MNP), puis exploitées à l'aide du logiciel SURFER. L'estimation du comblement passe par le calcul de la différence de profondeur pour chaque point du MNP. Cette différence est intégrée sur la surface pour obtenir l'évolution globale des variations de cote du plan d'eau (figure 3), [1].

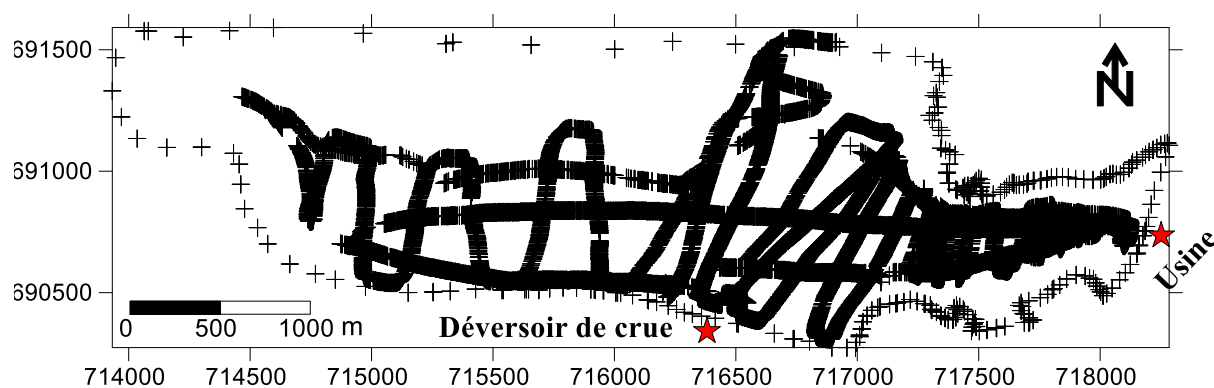


Fig. 2. Carte de répartition des points de sonde du lac de Buyo

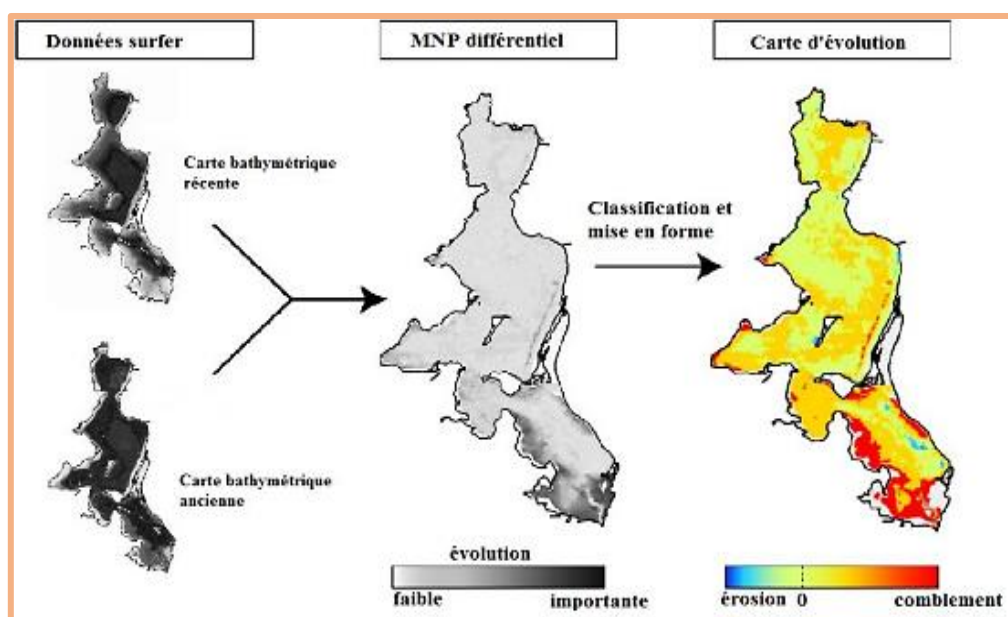


Fig. 3. Principe de l'analyse d'évolution bathymétrique [1]

4 RESULTATS ET DISCUSSIONS

4.1 MORPHOBATHYMÉTRIE DU SECTEUR AVAL DU LAC DE BUYO

4.1.1 CARTE BATHYMÉTRIQUE 2D

La figure 4 présente la carte bathymétrique 2D du secteur aval du lac de Buyo. La cote 192 m du plan d'eau a été retenue comme cote de référence et est considérée comme étant le niveau zéro (surface) du plan d'eau. Il s'agit de la première carte bathymétrique du lac de Buyo depuis sa mise en eau en 1982. L'examen détaillé de la carte bathymétrique du lac de Buyo fait apparaître une morphologie de fond relativement complexe. Celle-ci présente des profondeurs allant de 0 à 26 m avec une équidistance de 2 m sur une surface de 368 ha. La profondeur moyenne est de 10 m. On constate que le fond du lac présente un relief un peu plus accidenté. La carte bathymétrique 2D montre deux principaux chenaux, notamment le chenal du lit naturel du fleuve du Sassandra de direction Nord-Sud, se prolongeant du côté de l'évacuateur de crue et le chenal d'amenée de direction Ouest-Est débouchant sur la prise d'eau. On remarque que les profondeurs augmentent progressivement de l'amont vers la digue. Aux voisinages de l'usine de production, notamment du côté de la prise d'eau où transitent les débits turbinés, les profondeurs sont assez faibles et atteignent au maximum 10 m. Par contre, les plus grandes profondeurs se localisent aux voisinages de l'évacuateur de crue (déversoir de crue) avec des profondeurs allant jusqu'à 26 m.

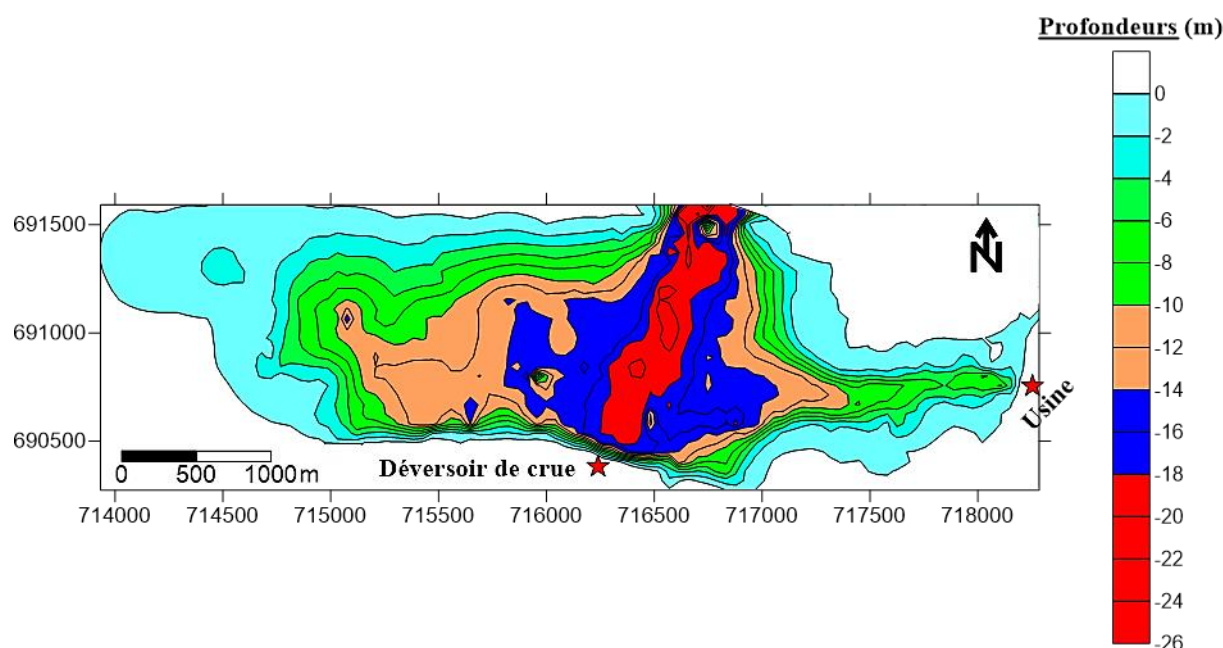


Fig. 4. Carte bathymétrique 2D du secteur aval du lac de Buyo

4.1.2 CARTE BATHYMETRIQUE 3D

Le Modèle Numérique de Profondeur (MNP) ou carte 3D, permet d'apprécier tous les aspects géomorphologiques qui caractérisent le lac. La carte 3D montre une morphologie assez irrégulière caractérisée par la présence de dépressions et de hauts fonds se situant dans l'axe de l'évacuateur de crue (figure 5). Ces dépressions proviendraient de l'érosion intense naturelle du fond du lit du fleuve du Sassandra due aux forts courants de fond. Toutefois, les hauts fonds proviennent de l'accumulation des sédiments et leur présence dans la zone du déversoir pourrait s'expliquer par la fermeture observée des vannes au cours des périodes de hautes et basses eaux. Ils traduisent un hydrodynamisme assez calme. L'ouverture ou la fermeture de l'évacuateur de crue influence considérablement les processus de dépôt et d'érosion des sédiments.

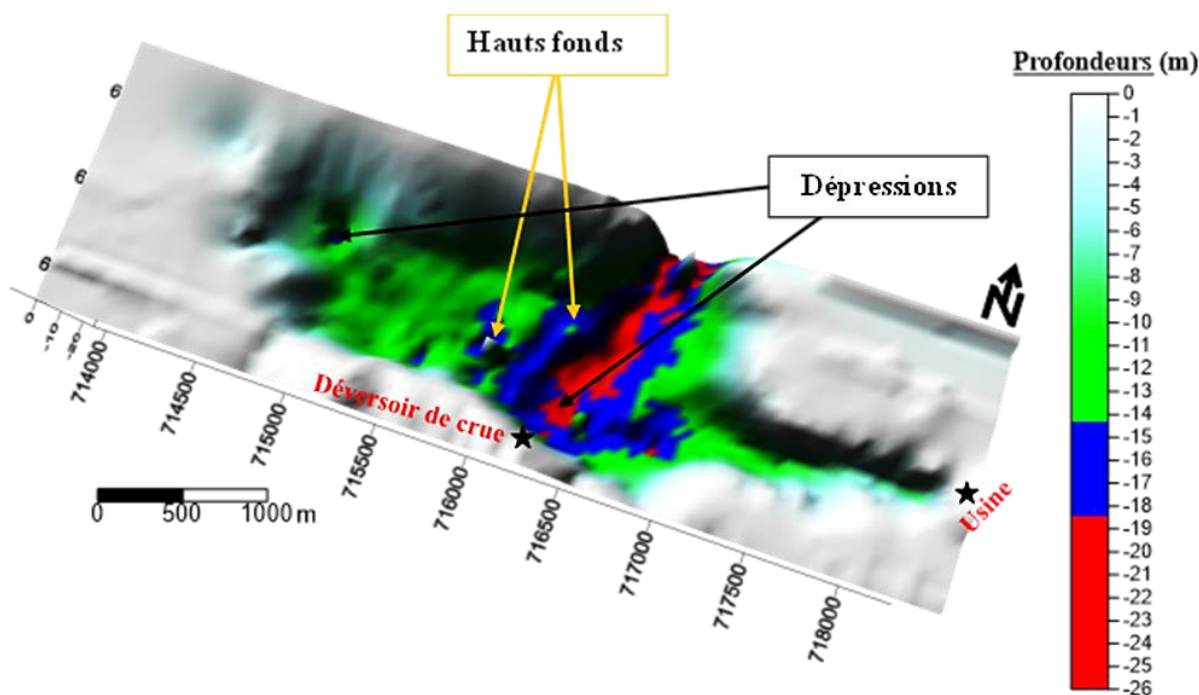


Fig. 5. Carte bathymétrique 3D du secteur aval du lac de Buyo

4.1.3 CARACTÉRISATION DES CHENAUX ET INTERPRÉTATION DES PROFILS BATHYMÉTRIQUES

L'étude des chenaux du secteur aval du lac de Buyo s'est faite à partir de six (6) profils de directions E-W et N-S, qui permettent de voir l'évolution morphologique du fond. Deux chenaux principaux sont observés dans le lac, notamment le chenal principal du lit du fleuve Sassandra (direction N-S) et celui du canal d'amenée du côté de la prise d'eau de direction (W-E).

Les radiales 1, 2 et 3 ont été tracées perpendiculairement (direction Nord-Sud) au canal d'amenée, tandis que les radiales 4, 5 et 6, ont été tracées perpendiculairement (direction E-W) au lit principal du fleuve Sassandra (figure 6). Ainsi, en fonction de la forme du chenal, on a une information sur les phénomènes dominant dans ces différents secteurs à savoir une érosion ou un dépôt.

Suite à l'analyse des différents profils, issus des six radiales, on distingue deux (2) types morphologiques de chenaux: il s'agit du type « intermédiaire » et du type en « V ».

Les profils 1, 2 et 3 ont une concavité à fond aigu. Les chenaux sont en forme de « V » avec des profondeurs allant de 0 à 15 m (figure 7). Le chenal ayant un profil de type « V » résulte d'un processus d'érosion.

Les profils 4, 5 et 6 ont des profondeurs allant de 0 à 22 m et caractérisent des chenaux de type « intermédiaires » (figure 8). Ces types de chenaux sont compris entre les chenaux de morphologie en « V » ou « U ». Ces chenaux n'ont pas encore atteint leur forme d'équilibre ou l'ont atteint et ultérieurement subit une nouvelle phase d'érosion. L'action des agents d'accumulation et des agents d'érosion ne s'équilibrent pas. Ces agents permettent de suivre et de comprendre le processus d'évolution d'un profil d'érosion qui se caractérise par le passage du profil « V » au profil « U ».

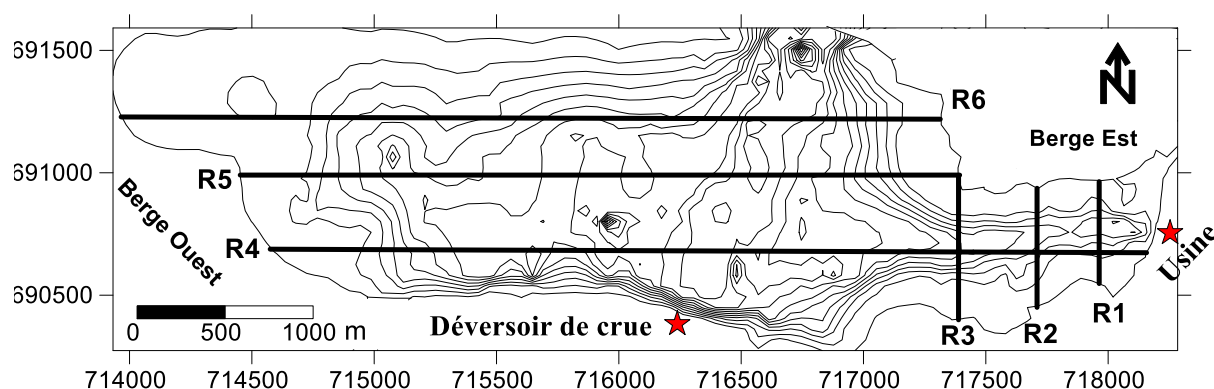


Fig. 6. Carte de positionnement des radiales du secteur aval du lac de Buyo

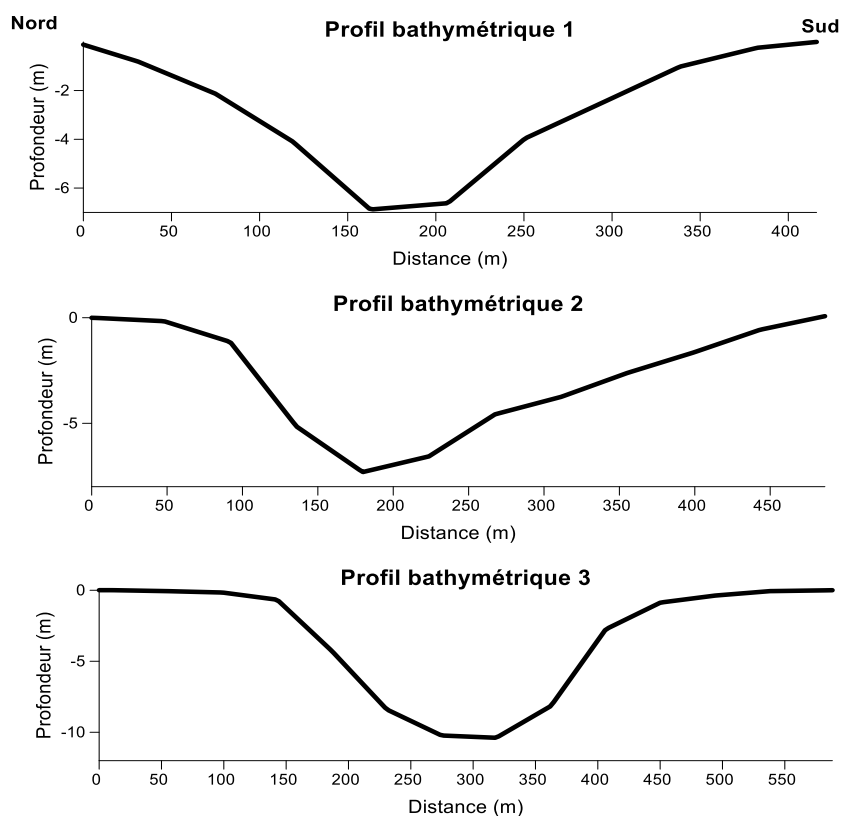


Fig. 7. Formes en « V »

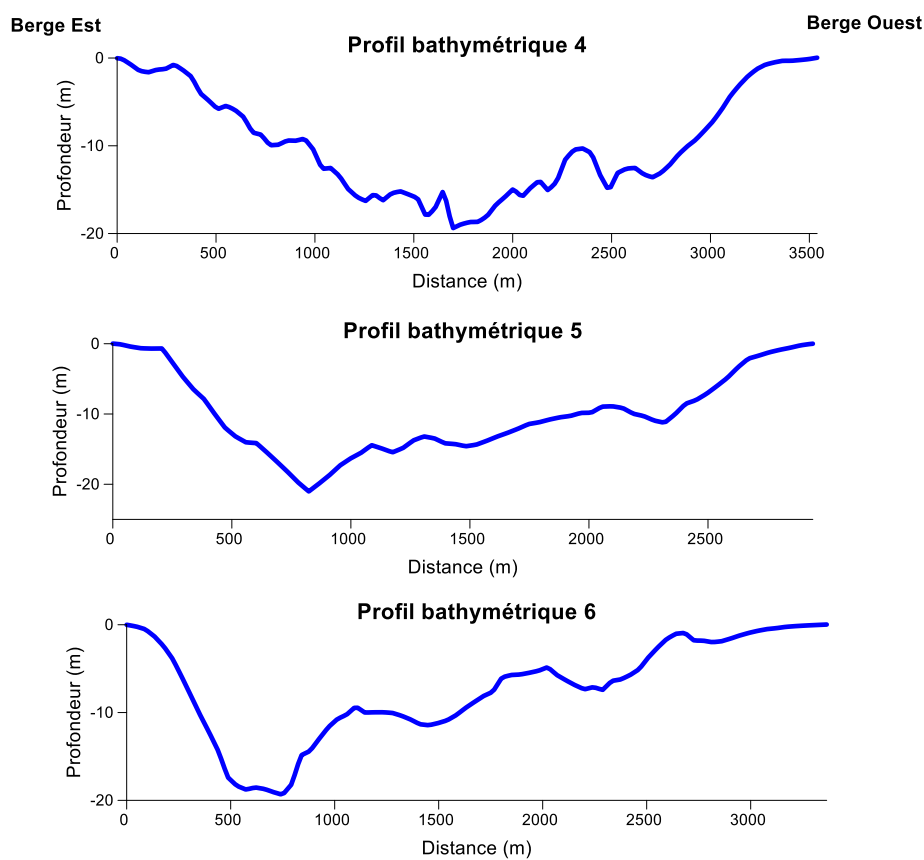


Fig. 8. Formes « Intermédiaires »

4.2 DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE DES CHENAUX DU SECTEUR AVAL DU LAC DE BUYO DE 1982 À 2021

4.2.1 MODÈLES NUMÉRIQUES DE PROFONDEUR (MNP)

Les paramètres permettant d'apprécier la tendance évolutive de la dynamique sédimentaire des chenaux du lac portent sur la variation de la profondeur au cours du temps, sur les aspects géomorphologiques (dépression, haut-fond).

La cote 192 m du plan d'eau ayant été retenue comme niveau de référence, l'analyse d'une carte topographique de la zone d'investigation (secteur aval du lac de Buyo), réalisée dans le cadre de l'implantation du barrage, nous a permis d'obtenir la morphologie du fond au moment de la mise en eau du barrage.

Selon les cartes 3D du fond du lac de 1982 et 2021 (figure 9), la profondeur maximale qui était de 24 m en 1982 est passée à 26 m en 2021. A certains endroits, les dépressions de 4 et 22 m qui ont été enregistrées en 1982 sont respectivement de 6 et 16 m en 2021. Elles se situent dans le lit principal du fleuve Sassandra et dans la zone du canal d'amenée (prise d'eau), traduisant ainsi l'érosion et la sédimentation des chenaux. On retient donc que les chenaux du lac de Buyo ont subi d'importantes modifications au plan morphologique sur les deux modèles numériques de terrain de 1982 et 2021.

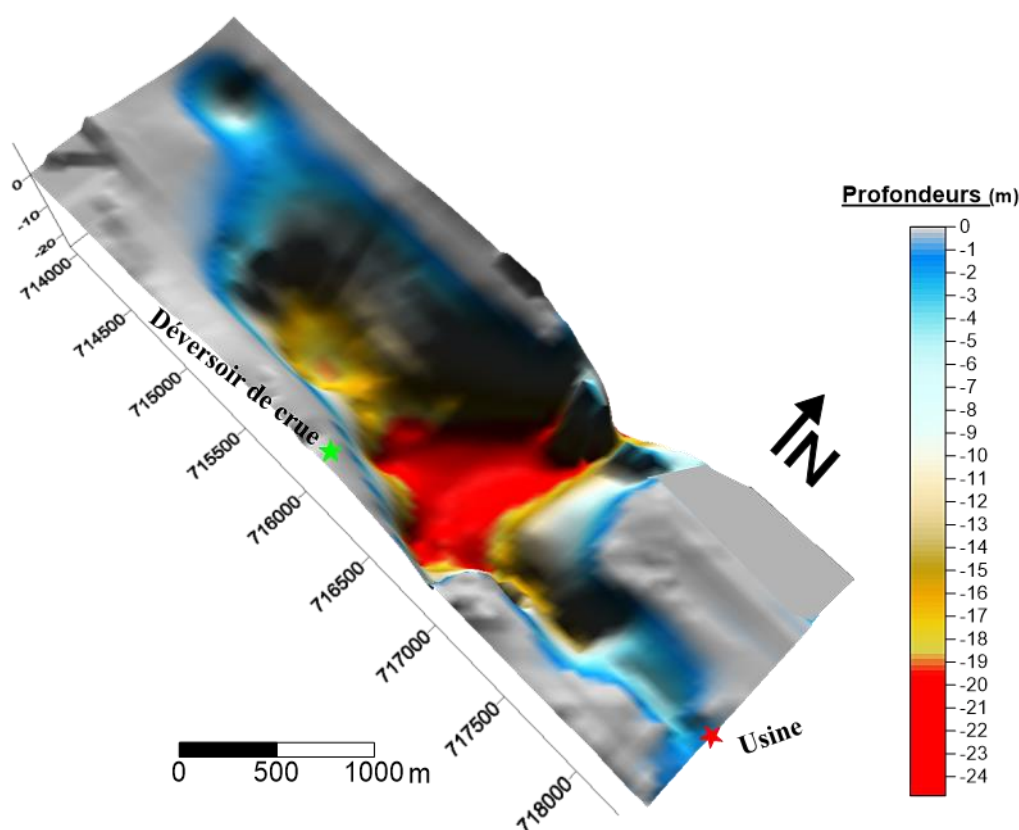


Fig. 9. MNP du secteur aval du lac de Buyo en 1982

4.2.2 CHENAUX DE 1982 À 2021

Dans les différents chenaux, six (6) radiales ont été réalisées pour superposer les profils bathymétriques afin d'apprécier l'évolution morphologique entre 1982 et 2021 (figure 10). Les profils bathymétriques sont généralement concaves et se présentent comme suit (Figure 11):

- Les profils bathymétriques concaves décrivent une morphologie régulière et symétrique en 1982;
- En 2021, on a des profils bathymétriques concaves à morphologie irrégulière et asymétrique.

La superposition des profils bathymétriques montre que de façon générale le lit principal du fleuve Sassandra s'est engraisé tandis que le canal d'amenée s'est érodé au cours des trente-neuf dernières années. De plus, on note également un engraissement des flancs des berges situées dans la zone de la prise d'eau et une érosion du fond à certains endroits dans la zone du déversoir de crue.

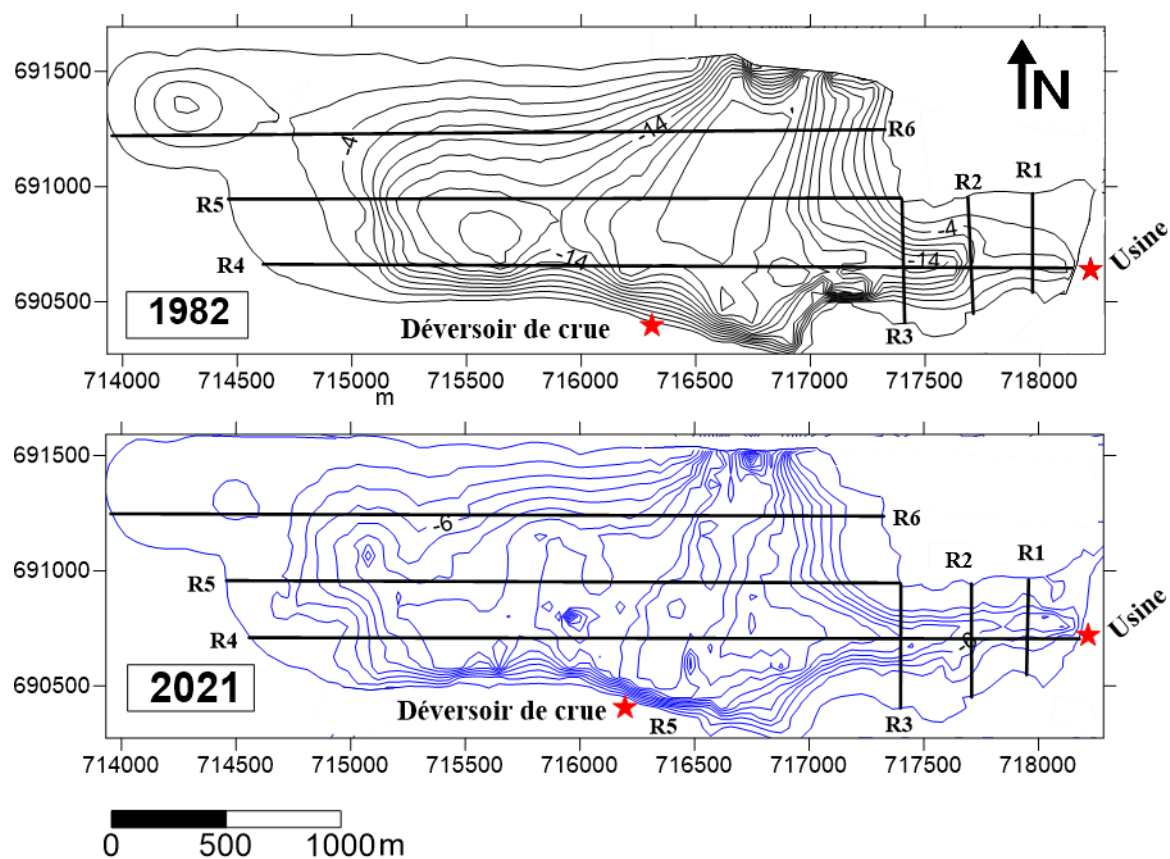


Fig. 10. Carte de positionnement des radiales de 1982 et 2021

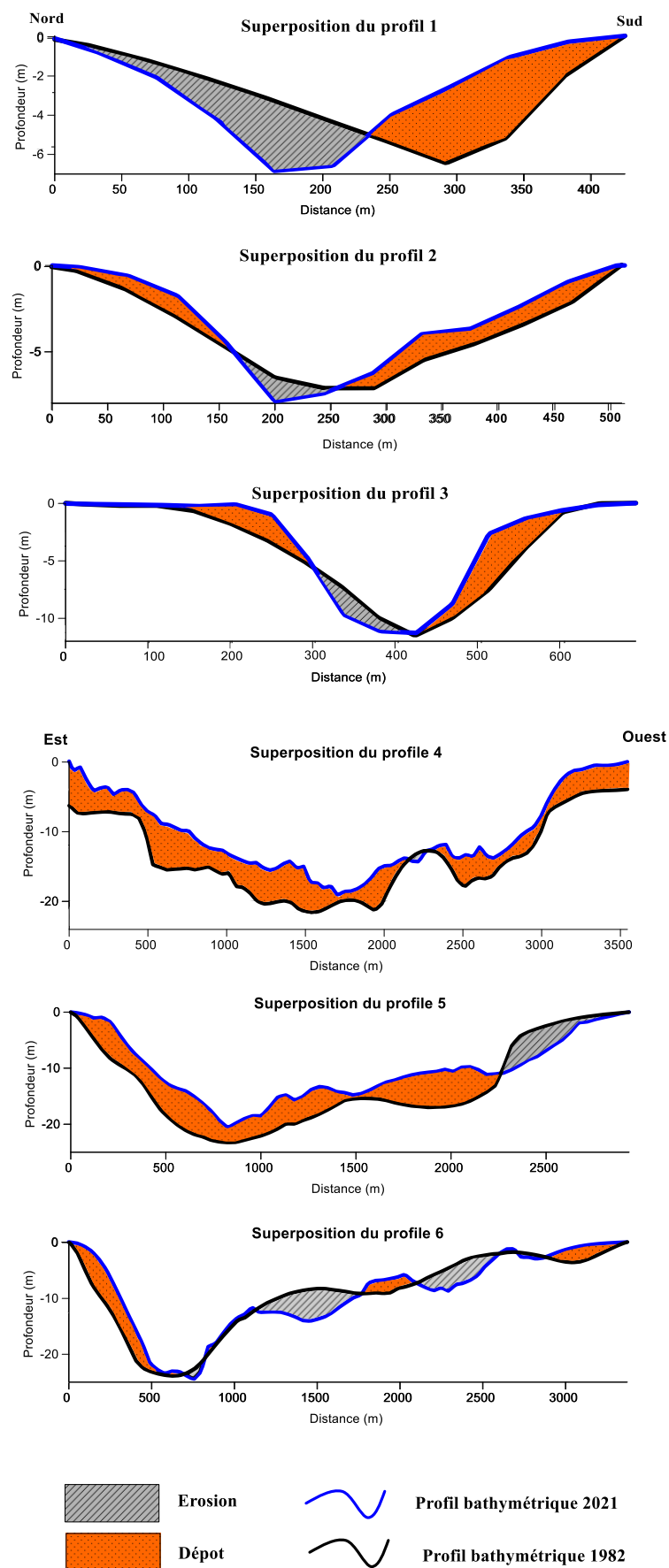


Fig. 11. Evolution morphologique des chenaux du lac de Buyo de 1982 à 2021

4.2.3 VOLUME ET VITESSE DE SÉDIMENTATION DU SECTEUR AVAL DU LAC DE BUYO DE 1982 À 2021

Dans le secteur aval du lac de Buyo, la tendance évolutive tend vers le comblement des chenaux que l'érosion selon la carte résiduelle.

La figure 12 donne des valeurs indicatives des variations de cotes. Elle permet d'apprécier l'intensité des modifications du fond du lac. L'examen de cette figure permet de constater que, entre 1982 et 2021, le fond du secteur aval de Buyo a subi, dans l'ensemble, d'importantes modifications qui se caractérisent soit par des érosions (variations négatives d'épaisseur), soit par des dépôts (variations positives d'épaisseur).

En outre, le volume de sédiments accumulés entre 1982 et 2021 est estimé à environ $+7.793.821 \text{ m}^3$ sur une surface de 231,254 ha. Le volume de sédiments ayant été érodé dans le même laps de temps vaut $-1.663.523,92 \text{ m}^3$ pour une superficie de 137,1 ha.

Le budget sédimentaire qui en découle est estimé à environ $6.130.297,08 \text{ m}^3$ de sédiments déposés, soit une moyenne de $157.187,10 \text{ m}^3/\text{an}$.

La vitesse de comblement peut être estimée à 68 cm/an dans le secteur aval du lac de Buyo.

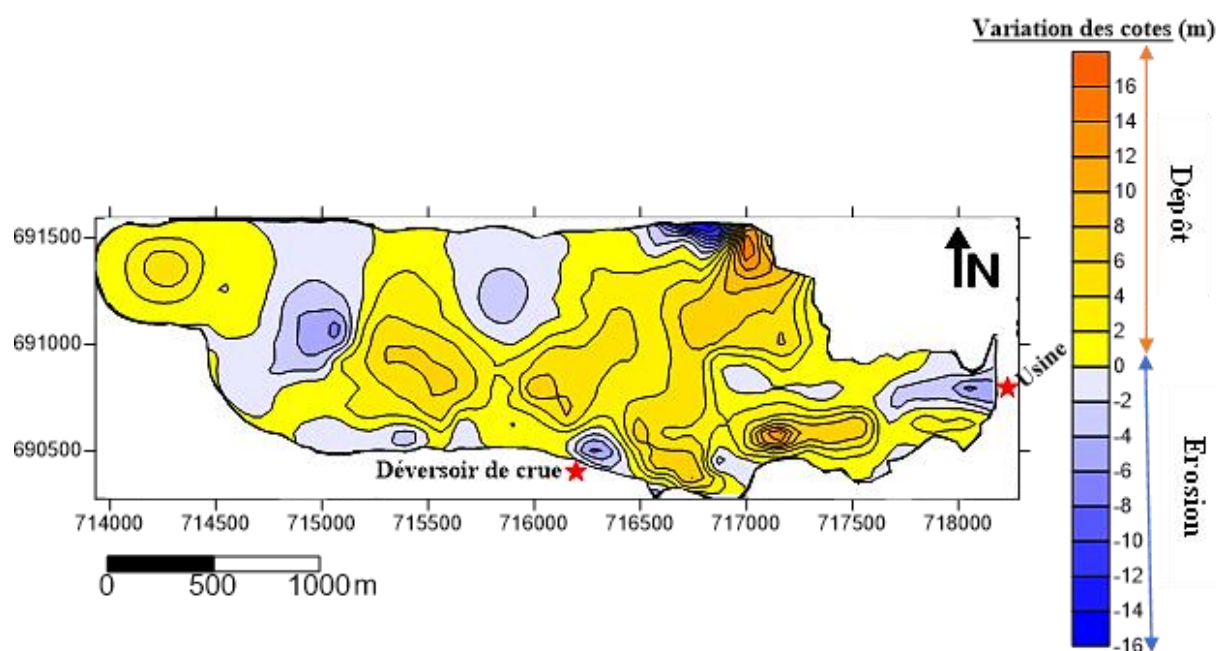


Fig. 12. Carte des mouvements sédimentaires dans le secteur aval du lac de Buyo de 1982 à 2021

5 DISCUSSIONS

Les sondages bathymétriques réalisés sur le secteur aval du lac de Buyo montrent des profondeurs allant jusqu'à 26 m. Cette profondeur maximale observée est inférieure à celle obtenue par MELEDJE *et al.*, (2014) sur le lac d'Ayamé 1 (34 m de profondeur). Cela pourrait par la morphologie de la cuvette naturelle du lac d'Ayamé 1, assez accidentée, avec des dépressions plus importantes que celles du lac de Buyo. La caractérisation des chenaux du lac de Buyo a mis en évidence outre les profils en « V », des formes intermédiaires. De manière générale, les formes en « V » et intermédiaires sont respectivement rencontrées dans le chenal d'amenée et le lit principal du fleuve du Sassandra. Ces résultats corroborent ceux obtenus par KONAN (2018) sur les lacs urbains de Yamoussoukro. En Côte d'Ivoire, les chenaux d'origine lacustre rencontrés sont de type « V » (YAPI, 2016). Ce type de profil est dû à des processus d'érosion intense. De 1982 à 2021, le fond du secteur aval du lac de Buyo a subi d'importantes modifications. En effet, l'évaluation de la dynamique sédimentaire des chenaux montre une tendance significative au comblement. Le lac a retenu environ $6.130.297,08 \text{ m}^3$ de sédiments déposés, soit une moyenne de $157.187,10 \text{ m}^3/\text{an}$. Le volume de dépôts dans le lac de Buyo est considéré faibles comparativement aux valeurs (84 Million m^3) rencontrées par KOUASSI (2007) à Taabo. La faiblesse des apports serait liée à l'influence du couvert végétal des bassins versants desdites retenues d'eau et à la nature des sols. Le lac de Taabo se trouvant dans une région de savane a un sol beaucoup plus exposé à l'érosion.

6 CONCLUSION

Les sondages bathymétriques effectués sur le lac de Buyo montrent des profondeurs allant de 0 à 26 m avec une profondeur moyenne de 10 m. Les plus grandes profondeurs se situent au niveau de l'évacuateur de crue et les faibles profondeurs se localisent vers les berges et du côté de la prise d'eau. Le modèle numérique de terrain du lac, a mis en évidence la présence de dépressions et de haut fond au niveau du déversoir de crue. L'analyse des profils bathymétriques du lac montre des chenaux de morphologie intermédiaire et en V. La forme en « V » est couramment rencontrée dans le lac, ce qui traduit un processus d'érosion assez intense. L'estimation des volumes de sédiments a permis de mettre en évidence l'importance des processus de sédimentation dans le secteur aval du lac de Buyo. En effet, le lac a retenue environ 6.130.297,08 m³ de sédiments, soit une moyenne de 157.187,10 m³/an avec une vitesse de comblement estimée à 68 cm/an dans le lac.

REFERENCES

- [1] CASTAINGS J. (2008). Etat de l'art des connaissances du phénomène de comblement des milieux lagunaires. Mémoire de Master, Université de Montpellier 2, 100p.
- [2] GRISMER ME. (2012). Erosion modelling for land management in the Tahoe basin, USA: scaling from plots to forest catchments. *Journal des Sciences Hydrologiques*, 57 (5): 878-899.
- [3] GROGAN N. 2012. Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, Université de Toulouse, p.224.
- [4] KOUAME MK, DIETOA MY, EDIA EO, DA COSTA SK, OUATTARA A, GOURENE G. (2011). Macroinvertebrate communities associated with macrophyte habitats in a tropical man-made lake (Lake Taabo, Côte d'Ivoire). *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 400, 03; <http://www.kmae-journal.org>.
- [5] KOUAME MK, DIETOA MY, DA COSTA SK, EDIA EO, OUATTARA A AND GOURENE G. (2010). Aquatic macroinvertebrate assemblages associated with root masses of water hyacinths, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach, 1883 (Commelinales: Pontederiaceae) in Taabo Lake, Ivory Coast. *Journal of Natural History*, 44 (5- 8): 257-278.
- [6] KOUAME K.J. (2007). Contribution à la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) du district d'Abidjan (Sud de la Côte d'Ivoire): outils d'aide à la décision pour la prévention et la protection des eaux souterraines contre la pollution. Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody, 225 p.
- [7] KOUASSI KL, KOUAME KI, KONAN KS, ANGOULO MS, DEME M, MELEDJE NH. (2013). TwoDimensional Numerical Simulation of the Hydro-Sedimentary Phenomena in Lake Taabo, Côte d'Ivoire. *Water Resources Management*, 27 (12): 4379-4394.
- [8] MELEDJE N H, KOUASSI K L, N'GO Y A, KOUASSI K M, SAVANE I, AKA K. (2014). Caractérisation des apports sédimentaires et morphologie du lac du barrage hydroélectrique d'Ayamé 1 (Sud-Est de la Cote d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, Vol.8, n°3, p.1290-1307.
- [9] N'GO Y.A. (2000). Contribution à l'étude de l'érosion des sols du bassin versant du Sassandra (Région de Buyo): Analyse des facteurs et essai d'évaluation des risques par télédétection et les systèmes d'information géographique. Thèse de doctorat de 3ème cycle, Université d'Abobo-Adjamé (Côte d'Ivoire), (Hydrob et SIG), 164 p.
- [10] OUATTARA A. (2000). Premières données systématiques et écologiques du phytoplancton du lac d'Ayamé (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat Unique, Universiteit Katholieke de Louvain, Belgique. 207 pp.
- [11] YAPI Y.S.P. (2016). Aspect morphologique et sédimentologique d'un environnement lacustre du littoral de Côte d'Ivoire: Cas du lac Lalie (Abidjan), Master, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody 25p.
- [12] YAPO O. B. (2002). Evaluation de l'état trophique du lac de Buyo (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat Unique, Université d'Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire. 296 pp.
- [13] WOGNIN A. V. I. (2004). Caractérisation, Hydrologie et sédimentologie de l'embouchure du fleuve Bandama. Thèse de doctorat, Université Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 198p.

Notice of Retraction

The authors of the following article have requested that it be retracted from publication in the *International Journal of Innovation and Scientific Research*:

Makolo Makolo Etienne, Thumba Mutshima Sylvie, Muteba Byamungu Brigitte, and Pungu Mukumbi Denis, “Feminism and local governance in Lubumbashi (Rwashi Commune),” *International Journal of Innovation and Scientific Research*, vol. 62, no. 1, pp. 14–24, August 2022.

Pression exercée par les entreprises pâtisseries artisanales et nganda ntaba sur la végétation arborée urbaine et périurbaine à Kinshasa en République Démocratique du Congo

[Pressure exerted by artisanal pastry companies and nganda ntaba on urban and peri-urban wooded vegetation in Kinshasa in Democratic Republic of the Congo]

Joël Tungi Tungi Luzolo¹, Elie Nsimba Ngembo¹, Christ Lendo Masivi², Eric Lutete Landu¹, Michel Ngoy Kibwila³, and Raymond Lumbuenamo Sinsi¹

¹Université de Kinshasa. Faculté des Sciences Agronomiques, BP 117 Kinshasa XI, RD Congo

²Observatoire satellital des forêts d'Afrique centrale, BP 2499 Kinshasa I, RD Congo

³Commission des Forêts d'Afrique Centrale (COMIFAC), BP 20818, Yaoundé, Cameroon

Copyright © 2022 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 urban areas, trees remain the essential element in maintaining the environmental balance. Specifically, this study aimed to: (i) quantify the loss of urban tree cover and deepen knowledge of the drivers of this urban deforestation; (ii) understand the influence of the loss on the local climate; and (iii) clarify the management methods of this urban ecosystem guaranteeing environmental resilience. The results of analyzes showed that in Kinshasa, trees are cut even in the inhabited plots in order to supply the pastry companies and nganda ntaba with firewood. Between 2000 and 2020, nearly 25% of the initial tree area was deforested; the average annual loss of tree cover in the urban and peri-urban area is estimated at approximately 1128.8 ± 910.9 ha. The average daily quantity consumed by an artisanal bakery and a nganda ntaba amounts respectively to 3.36 ± 1.25 m³ and 2 ± 0.67 bundles of firewood. The results of the analyzes demonstrated the influence of urban tree cover loss in Kinshasa on the increase in local temperature. The restructuring of Kinshasa city, the promotion of renewable energy and urban forestry, would make Kinshasa a resilient city.

KEYWORDS: Tree cover, loss, bakery, nganda ntaba, Kinshasa.

RESUME: En milieu urbain, l'arbre reste l'élément incontournable dans le maintien de l'équilibre environnemental. Spécifiquement cette étude visait à: (i) quantifier la perte du couvert arboré urbain et périurbain et approfondir la connaissance des moteurs de la perte du couvert végétal dans le milieu urbain; (ii) comprendre l'influence de la perte sur le climat local; et (iii) clarifier les modes de gestion de cet écosystème urbain pouvant garantir une résilience environnementale. Les résultats des analyses ont montré qu'à Kinshasa les arbres sont coupés même dans les parcelles habitées afin d'alimenter les entreprises pâtisseries et nganda ntaba en bois de chauffe. Entre les années 2000 et 2020 près de 25% de la superficie arborée initiale ont été déboisés; la perte annuelle moyenne du couvert arboré dans la zone urbaine et périurbaine est évaluée à environ $1128,8 \pm 910,9$ ha. La quantité journalière moyenne consommée par une boulangerie artisanale et un nganda ntaba s'élève respectivement à $3,36 \pm 1,25$ m³ et $2 \pm 0,67$ fagots de bois de chauffe. Les résultats des analyses ont démontré l'influence de la perte du couvert arboré urbain de Kinshasa sur l'augmentation la température locale. Le réaménagement de la ville de Kinshasa, la promotion de l'énergie renouvelable et de la foresterie urbaine, feraient de Kinshasa une ville résiliente.

MOTS-CLEFS: Couvert arboré, perte, boulangerie, nganda ntaba, Kinshasa.

1 INTRODUCTION

Les villes remodelent et modifient les paysages naturels au fil de leur expansion, créant des microclimats dans lesquels les températures, les précipitations et les vents diffèrent de ceux des zones rurales. Le développement des villes se traduit dans la plupart de cas par l'épuisement et la dégradation des écosystèmes naturels à l'intérieur et autour des zones urbaines, une perte dramatique de services écosystémiques essentiels ([1], [2]). La perte du couvert végétal dans le milieu urbain, favorise et accélère le développement de l'érosion hydrique, ensablement des cours d'eau, inondation, pollution atmosphérique, etc. ([3]).

Les arbres dans les milieux urbain et péri-urbain jouent plusieurs rôles: les arbres des bordures, les cours ou jardins plantés, autres clôtures et autres espaces verts urbains et péri-urbains atténuent l'effet des chaleurs, améliorent le microclimat et protègent du vent et de la poussière ([4], [5], [6]) en même temps qu'ils jouent un rôle primordial dans l'atténuation des bruits. Les milieux urbains à forte densité humaine, comme la ville province de Kinshasa sont souvent trop bruyants; ces bruits peuvent varier entre 65-70 dB voire au-delà. Cette nuisance sonore est due aux différentes activités, notamment les marchés, les bars, les discothèques, les usines, les Eglises, les mosquées, la circulation des véhicules etc qui perturbent la quiétude des populations ([7]).

La végétation urbaine et péri-urbaine modèle la physionomie des écosystèmes et améliore la fertilité des sols, en même temps qu'elle fournit aux ménages des légumes et des fruits ([8]).

La végétation arborée à l'intérieur et autour des villes fournit un vaste éventail de biens et de services écosystémiques; elle est la source directe de nourriture (fruits, graines, feuilles, champignons, baies, extraits d'écorce, sèves et racines, fines herbes, viande sauvage, insectes comestibles) et fournit le bois énergie. Elle offre des endroits idéaux pour de nombreux loisirs de plein air et des activités de détente, et fournit des produits pour le traitement des maladies. Les forêts urbaines sont des régulateurs efficaces des cycles hydrologiques urbains. Elles filtrent l'eau potable et réduisent les polluants biologiques et chimiques; elles minimisent les risques d'inondation et d'érosion en réduisant sensiblement l'énergie cinétique des gouttes d'eau, et des eaux de ruissellement facilitant ainsi leur infiltration ([9], [10], [11], [12], [13]).

Elles jouent des rôles indispensables dans le maintien de l'équilibre climatique, la purification de l'air, la régulation du régime des pluies, la réduction de la vitesse du vent.

Les observations récentes révèlent que les forêts urbaine et périurbaine de Kinshasa constituent un principal bassin d'approvisionnement en bois énergie pour les boulangeries locales, les forgerons, restaurants, *nganda ntaba* (différents coins où l'on vend des grillades), ménages, etc. Les résultats de ces investigations font mention d'une disparition de cette ressource dans les milieux urbains et périurbains ([14], [15]). Les arbres, y compris ceux situés dans les parcelles habitées, sont coupés au jour le jour afin de servir de bois énergie pour les boulangeries, les restaurants, les briquetiers, les ménages... ([2]). Par conséquent, on assiste actuellement à des perturbations de régimes de pluies, des températures ambiantes qui augmentent, ainsi qu'aux catastrophes naturelles en l'occurrence les érosions et les inondations ([16]). Cette tragédie continue à sévir dans le milieu urbain de Kinshasa, conduisant à la perte des maisons, des routes, des cultures vivrières, et autres bien, et même des vies humaines ([15]). Cette situation demeure dramatique du fait de l'absence de mesures palliatives.

L'objectif de cette étude est d'évaluer la perte du couvert végétal arboré dans la zone urbaine et périurbaine de Kinshasa. De manière spécifique, elle cherche à: (i) quantifier la perte du couvert arboré urbain et périurbain et approfondir la connaissance des moteurs de la perte du couvert végétal dans le milieu urbain; (ii) comprendre l'influence de la perte du couvert végétal sur le climat local; et (iii) clarifier les modes de gestion de cet écosystème urbain pouvant garantir une résilience environnementale.

Cette étude constitue un outil de prise des décisions sur la gestion durable du paysage vert en milieu urbain et de l'éventuel réaménagement urbain. Elle interpelle la conscience de la population urbaine concernant la pression exercée sur les arbres urbains et périurbains. L'étude permet ainsi à la population d'envisager une gestion rationnelle du paysage vert urbain et périurbain à leur propre profit et au profit des générations futures.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 SITE D'ÉTUDE

Cette étude est menée à Kinshasa, sur l'ensemble de toutes les communes urbaines et périurbaines.

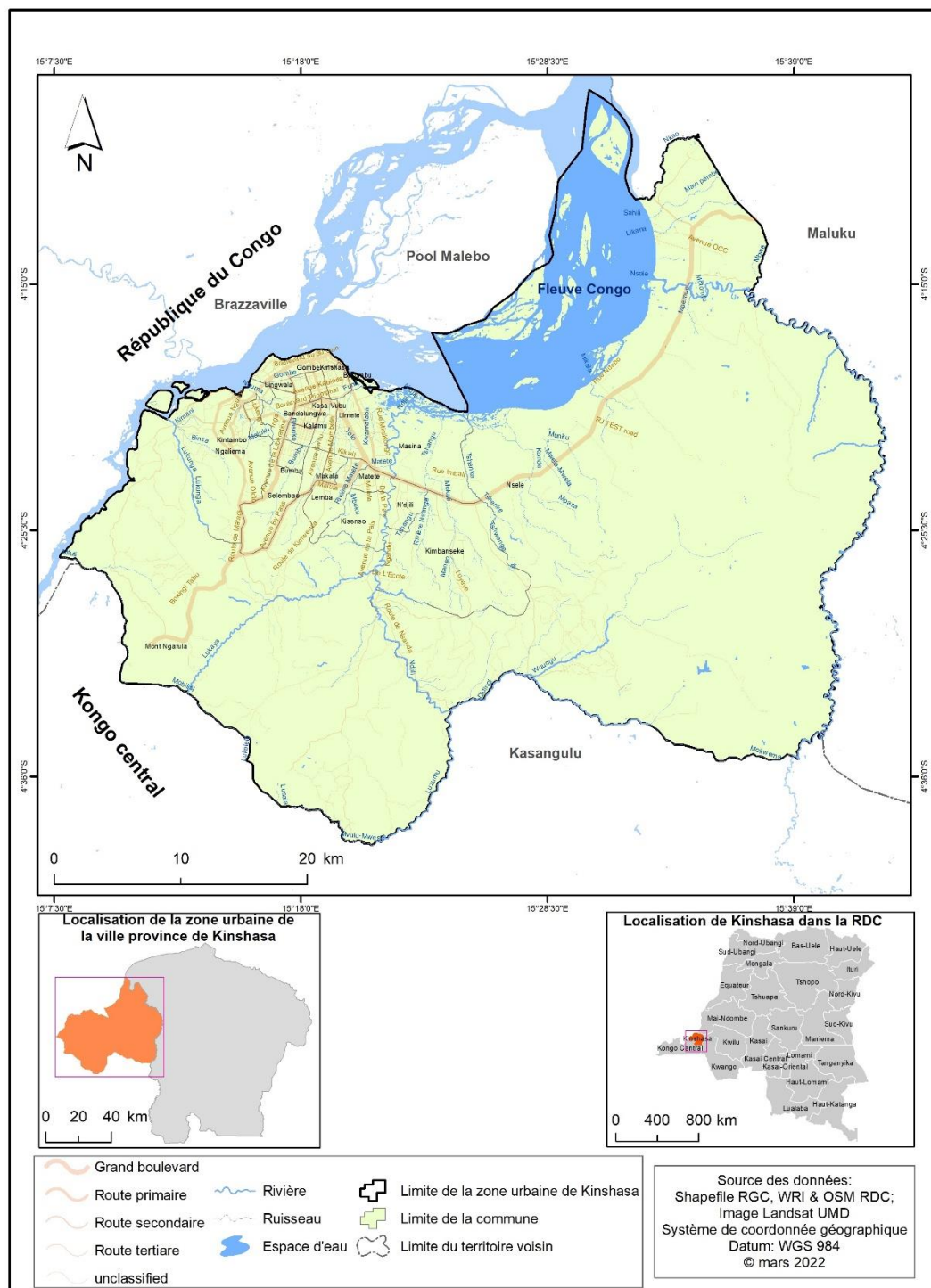


Fig. 1. Localisation de la zone urbaine et périurbaine de la ville province de Kinshasa

La ville province de Kinshasa est située dans la partie Ouest de la RDC, sur la rive gauche du fleuve Congo, à la sortie occidentale du Pool Malebo. Cette ville de 24 communes, dont 18 sur la partie basse et les autres dans la ville haute, est située entre 4° et 5° de latitude Sud et 15° et 16° de longitude Est. Kinshasa s'étend sur plus de 30 km d'Est à l'Ouest et sur plus de 15 km du Nord au Sud. Une partie importante de Kinshasa est encore rurale. La commune rurale de Maluku, la partie orientale de la province, occupe à elle seule près de 79 % du territoire ([17]).

Le sol de Kinshasa est principalement sablo-limoneux. La structure des sols de Kinshasa est dominée par un envahissement récent du fleuve Congo ([18]). Les terrains superficiels de la plaine de Kinshasa n'offrent pas une grande diversité. Quant à la plaine d'entre N'djili - N'sele, on n'y voit que du sable plus ou moins argileux blanc ou jaune, ([19]).

L'hydrographie de Kinshasa est dominée par un réseau de rivières coulant généralement vers le nord et se jetant dans le Pool Malebo (le fleuve Congo). La ville est drainée par deux types de rivières: les rivières allochtones dont la N'djili et la N'sele, etc.; et les rivières locales ou autochtones dont la Funa, (appelée Kalamu en dialecte Teke - humbu), etc. Les rivières allochtones (N'djili et N'sele) se trouvent beaucoup plus à l'Est de la ville et ont leurs sources bien au-delà des collines Sud. Elles sont plus importantes par rapport aux rivières locales. Elles taillent la plaine Nord en plaines alluviales. Les rivières locales sont très nombreuses et dispersées à travers la ville ([20], [21], [22], [23]).

Kinshasa jouit d'un climat tropical humide du type AW4 selon la classification de Köppen. Il s'agit d'un climat à deux saisons sèches et deux saisons de pluie établies en fonction de la pluviométrie. La grande saison sèche débute en moyenne le 15 mai et se termine le 15 septembre. La grande saison de pluie débute vers 15 septembre et se termine vers mi-février, elle est entrecoupée par une petite saison sèche fluctuant entre 15 février et 15 mars; Et une petite saison pluvieuse allant de mi-mars au 15 mai ([24]).

D'après [25], les mois de novembre et avril sont reconnus comme étant les plus pluvieux avec environ 245 mm. Le mois de juillet au contraire avec 2,3 mm est considéré comme le moins pluvieux. La lame d'eau tombée en moyenne est de 1432,3 mm par an. Les valeurs de la température moyenne annuelle varient entre 24,5°C et 30,7°C ([26], [27]).

La végétation ancienne de Kinshasa était constituée de forêts galeries d'une part et de formations herbeuses d'autre part. Les forêts galeries longeant les principaux cours d'eau, étant dans les vallées humides et de type ombrophile guinéo congolaise ([28], [29], [30]).

Une étude diachronique sur la déforestation dans la région de Kinshasa entre 1960 et 1987, a démontré la réduction des espaces occupés autrefois par la forêt. L'auteur signale la perte de la couverture forestière d'environ 10% entre 1960 et 1982 et plus de 15% pour la période allant de 1982 à 1987. A partir de cette période, la zone est plus colonisée par des diverses constructions, la végétation herbeuse spontanée et la végétation exotique introduite par l'homme ([31]). Des récentes observations, pour Kinshasa et ses environs, signalent la présence des quelques reliques forestières dont la plupart se trouvent à l'état de dégradation; les formations herbeuses aquatiques; les cultures et jachères; ainsi que les savanes herbeuses et arborées ([32]). La pénurie du courant électrique stable à une intensité satisfaisante, constitue un incitateur des boulangers, les restaurants, les ménages... à la consommation du bois énergie ([14], [33]).

2.2 MÉTHODE

Pour mieux aborder la question de cette étude, un recours a été fait aux données d'enquête sur terrain, à l'analyse des images satellitaires et aux données vectorielles; lesquelles ont subi différentes analyses afin d'atteindre les résultats attendus.

2.2.1 DONNÉES

Les données de terrain ont été collectées par enquête qualitative auprès de responsables de boulangeries et vendeurs des grillades diverses. La collecte de ces informations s'est faite à l'aide de l'application Open Data Kit (ODK), installée sur des Smart phones. L'enquête s'est déroulée dans 17 communes urbaines et périurbaines de Kinshasa prises de manière randomisée, notamment Selembao, Kimbanseke, Kalamu, Nsele, Limete, Barumbu, Kasa-vubu, Ngaliema, Bandalungwa, Ngaba, Ndjili, Makala, Matete, Kisenso, Masina, Lemba et Mont-Ngafula. Au total 402 établissements ont été enquêtés en raison de 200 boulangeries et 202 *Nganda ntaba* et dindon, lesquels ont un impact non négligeable sur la ressource ligneuse en milieu urbain. La collecte de données sur terrain a couvert la période allant du novembre 2021 à janvier 2022.

Les données matricielles utilisées sont les images Landsat (30 m de résolution spatiale) des années 2000 et 2020. Les mosaïques sans nuage et les données de la perte de la couverture forestière urbaine pour les années intermédiaires (entre 2000 et 2020) ont été téléchargées sur la plateforme de Global Forest Change, un produit développé par l'université de Maryland.

<https://data.globalforestwatch.org/documents/134f92e59f344549947a3eade9d80783/explore>

Les données vectorielles (réseau routier, réseau hydrographique et limites administrative) utilisées sont celles de RGC, WRI et OSM RDC. Quelques données géolocalisées ont été collectées sur terrain à l'aide du récepteur GPS, afin de valider le résultat

de la classification des images satellitaires. Les données climatiques (température) entre les années 2000 et 2020 ont été obtenues auprès de l'Agence Nationale de Météorologie et de Télédétection par Satellite (METTELSAT).

2.2.2 ANALYSE DES DONNÉES GÉOSPATIALES

La discrimination des classes de l'occupation du sol de la zone urbaine de Kinshasa a été rendue possible grâce à la classification des images satellitaires Landsat suivant la méthode supervisée. Cette méthode de classification nécessite a priori la connaissance de la zone cible, afin de créer les zones d'entraînement. Cette classification a été réalisée au moyen de l'algorithme de Maximum de vraisemblance du logiciel ArcGis 10.8. Cet algorithme classe les pixels selon une approche probabiliste. Il calcule pour chaque pixel de l'image, la probabilité d'être rattaché à chacune des classes. Ces calculs se basent sur la moyenne de la zone d'entraînement, sur la signature spectrale du pixel et sur la marge d'erreur standard de la matrice de covariance des pixels de la zone d'entraînement. Le pixel est ensuite affecté, dans la classe ayant la plus grande probabilité.

Les classes d'occupation du sol ont été séparées puis croisées entre elles afin de mettre en évidence, l'évolution de la végétation arborée (forêt urbaine). Le suivi de la perte de la couverture forestière urbaine pour les années intermédiaires (entre 2000 et 2020) a été faite en utilisant les données Global Forest Change.

2.2.3 EVALUATION DES RÉSULTATS DE LA CLASSIFICATION

Les données géolocalisées collectées sur terrain au moyen du récepteur GPS ont été confrontées au résultat de la classification des images satellitaires via la matrice de confusion, afin d'évaluer le niveau de précision. La matrice de confusion est une table de contingence laquelle confronte les résultats de l'interprétation aux informations obtenues sur terrain, reconnues comme étant « la vérité ».

2.2.4 ANALYSE STATISTIQUE

Les analyses statistiques données de la déforestation urbaine et données de l'enquête se sont basées sur les formules suivantes:

$$\bar{x} = \frac{\sum f_i M_i}{n}$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum f_i (M_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

$$\sigma = \sqrt{s^2}$$

Où σ^2 : variance; M_i : milieu de classe; $\bar{x}$: moyenne des observations; f_i : fréquence des observations; $\sum$: somme; σ : écart type; n : taille de l'échantillon

L'influence de la perte du couvert arboré urbain sur les variables climatiques locales a été évaluée au moyen du coefficient de corrélation de Karl Pearson. Ce coefficient spécifie l'existence et le taux de liaison probable entre deux événements observés, sans révéler la relation de causes à effets. C'est une forme de calcul de la covariance combinée (XY) qui est la mesure de la variance combinée de deux échantillons de façon simultanée:

$$r_{XY} = \frac{\overrightarrow{\overline{XY}}}{\sqrt{\overrightarrow{\overline{X \times Y}}} = \frac{\sum_i (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_i (X_i - \bar{X})^2} \times \sqrt{\sum_i (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

Avec: X, Y: facteurs mesurés

$\bar{X}$, $\bar{Y}$: moyennes de facteurs

i : nombre de valeurs du facteur

r_{xy} : corrélation entre x et y

Les analyses statistiques ont été rendues possible grâce au logiciel Microsoft Excel.

3 RÉSULTATS

3.1 CONSOMMATION DU BOIS ENERGIE PAR LES BOULAGERIES ET NGANDA NTABA

L'ancienneté des établissements faisant objet de l'enquête sur terrain dans le cadre de cette étude est d'environ 10 ± 7 ans. Près de la totalité des boulangeries et *nganda ntaba* enquêtés soit 94% utilisent le bois comme principale source d'énergie pour leurs activités commerciales. A peine quelques boulangeries font recours à l'électricité pour leurs activités (Figure 2).

Le choix porté sur le bois comme principale source d'énergie pour la cuisson des pains ou de la viande de chèvre et/ou dindon est motivé par plusieurs raisons, notamment la disponibilité du bois (40%), le faible coût d'acquisition du bois (40%) et le pouvoir calorifique élevé du bois (20%) (Figure 3). Les autres raisons avancées par les enquêtés du choix porté sur la dendroénergie sont la bonne qualité du produit cuit au bois énergie, la familiarité dans l'usage du bois énergie et marque de four adapté au bois.

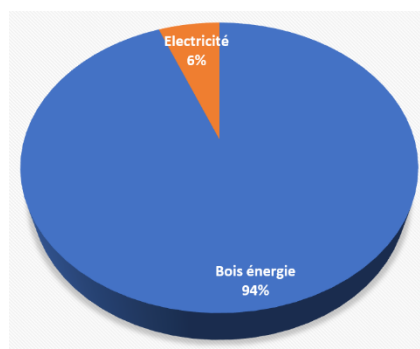


Fig. 2. Source d'énergie utilisée par les boulangeries et nganda ntaba enquêtés

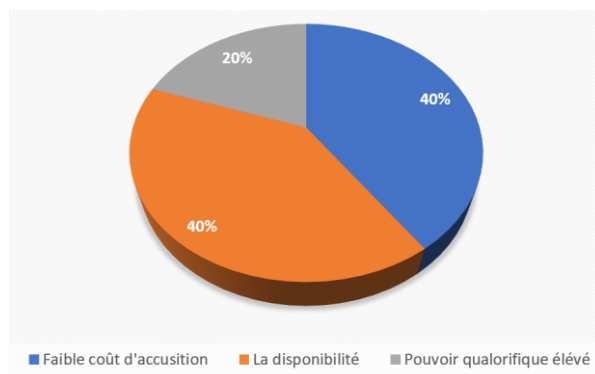


Fig. 3. Les raisons du choix de la source d'énergie utilisée

Le bois de chauffe devient de plus en plus une source d'énergie de prédilection pour les boulangeries artisanales et les *nganda ntaba* et dindon. Une boulangerie artisanale consomme en moyenne $3,36 \pm 1,25$ m³ de bois de chauffe par jour. La quantité moyenne du bois de feu consommée par un *nganda ntaba* s'élève à $2 \pm 0,67$ fagots de bois de feu par jour (Tableau 1).

Tableau 1. Quantité du bois énergie consommée par jour

	Moyenne	Ecartype
Nganda ntaba (fagot)	2	0,67
Boulangerie (m ³)	3,36	1,25

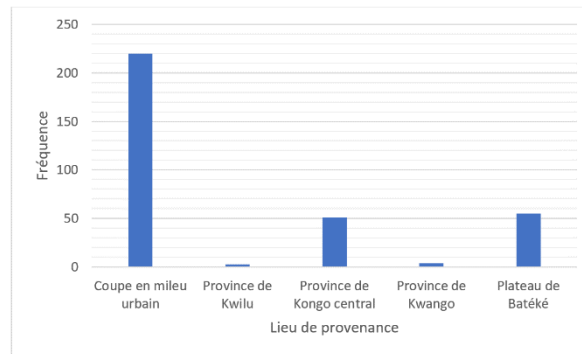


Fig. 4. Les lieux de provenance du bois énergie utilisé

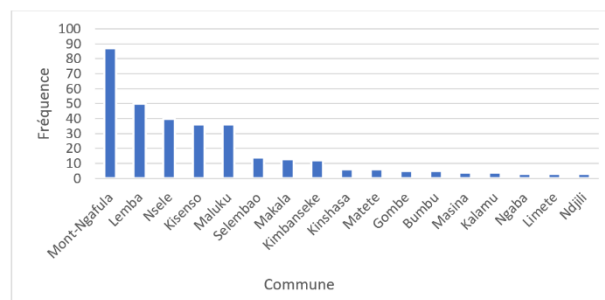


Fig. 5. Les Communes où se passe le plus souvent la coupe de bois dans les parcelles

Dans le milieu urbain de Kinshasa les arbres sont de plus en plus coupés même dans les parcelles habitées. La plupart de boulangeries artisanales et *nganda ntaba* utilise le bois énergie provenant généralement de la coupe des arbres dans le milieu urbain (66,1%). Toutefois, ces boulangeries et *nganda ntaba* se servent aussi du bois énergie provenant du plateau de bateké situé dans la zone rurale de Kinshasa (16,5%), province du Kongo centrale (15,3%), la province de Kwango (1,2%) et la province de Kwilu (0,9%) (Figure 4).

Près de 63% des enquêtés connaissent bien les conséquences liées à l'absence de l'arbre en milieu urbain. En dépit de cette connaissance, les entreprises pâtisseries artisanales kinois achètent des arbres à couper auprès des propriétaires de parcelles habitées, afin d'alimenter leurs entreprises en bois énergie (Figure 6). Ainsi, dans certains quartiers, à l'instar des ceux des communes de Ngaba et Ngiri-Ngiri, il faut parcourir quelques centaines de mètres pour trouver un arbre (Figure 7). Le plus souvent cette coupe se fait dans les communes de Mont-Ngafula (26,6%), Lemba (15,3%), Nsele (12,2%), Kisenso (11%), Maluku (11%), Selembao (4,3%), Makala (4%), Kimbanseke (3,7%) et les autres communes dans leur ensemble représentent 11,9% (Figure 5).



Fig. 6. Illustration de la consommation du bois urbains

3.2 EVOLUTION DU COUVERT ARBORE DE LA ZONE URBAINE DE KINSHASA AU FIL DU TEMPS

Au fil des années sous études, le paysage urbain et péri-urbain de Kinshasa a connu une forte dynamique, comme décrit dans ce point. La figure 7 illustre l'état actuel de quelques quartiers urbains de Kinshasa.

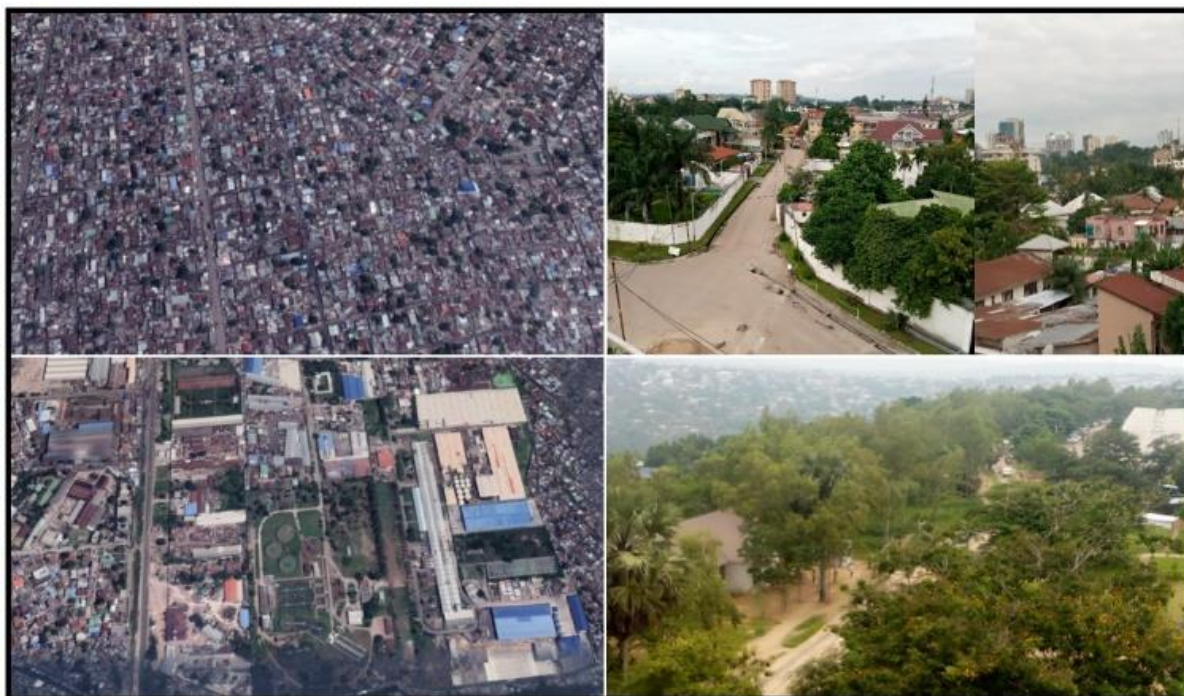


Fig. 7. Vue synoptique de certains quartiers de Kinshasa

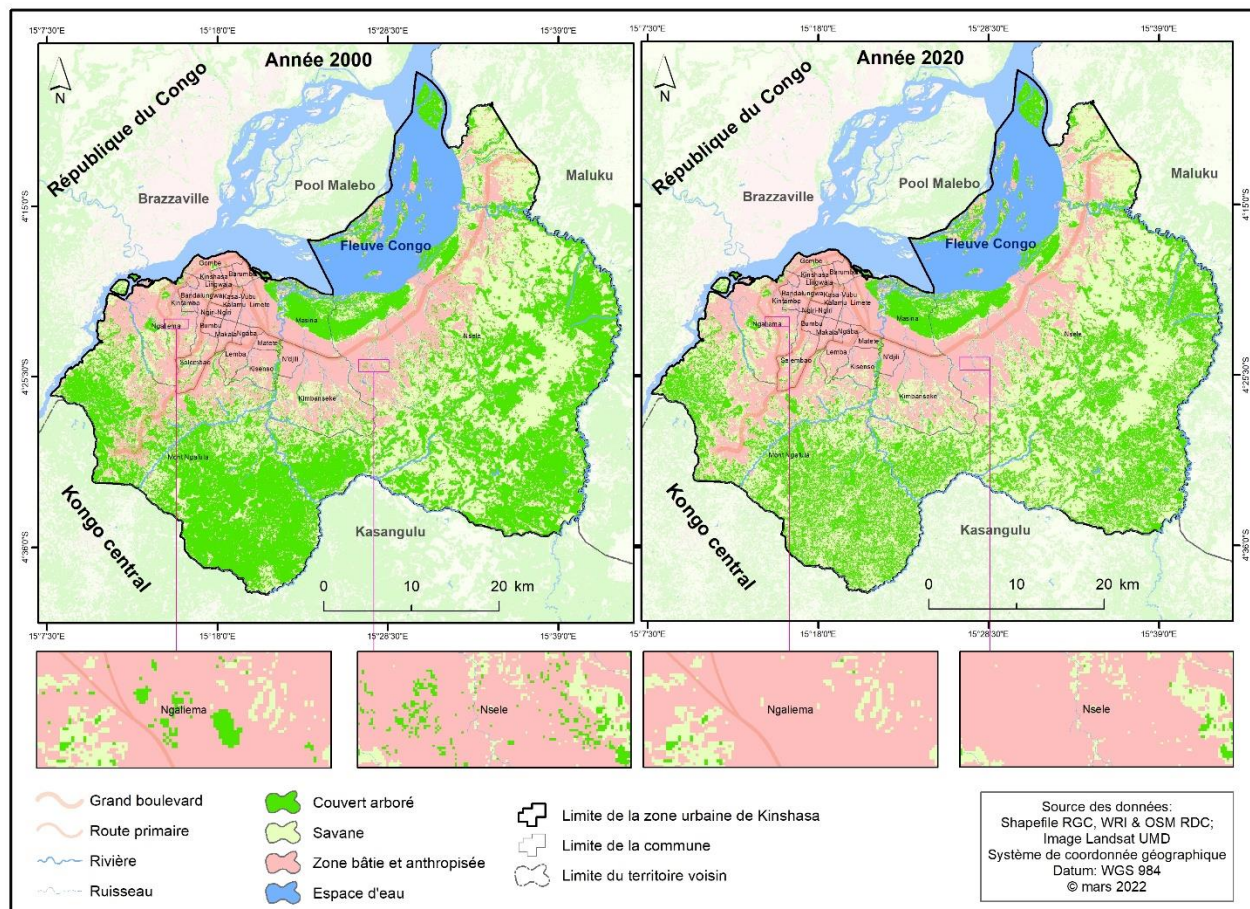


Fig. 8. Occupation du sol de la zone urbaine et périurbaine de Kinshasa entre les années 2000 et 2020

Tableau 2. Statistique de l'occupation du sol dans la zone urbaine et périurbaine de Kinshasa

Occupation du sol	Superficie (km ²)					
	Année 2000	%	Année 2020	%	Evolution	%
Couvert arboré	907,9	38,3	682,2	28,8	-225,8	-9,5
Savane	719,0	30,3	919,7	38,8	200,7	8,5
Zone bâtie et anthropisée	540,1	22,8	565,2	23,9	25,0	1,1
Eau	202,3	8,5	202,3	8,5	0,0	0
Total	2369,4	100,0	2369,4	100,0	-	-

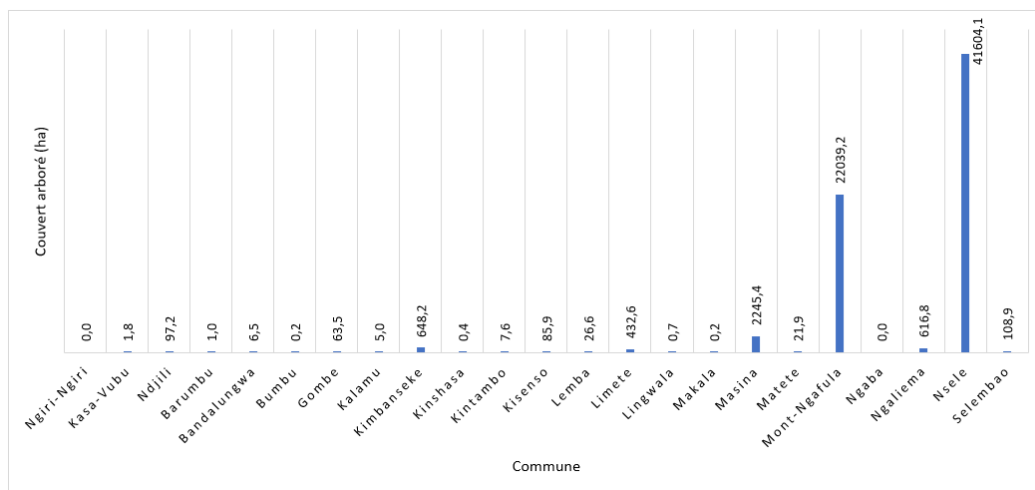


Fig. 9. Couvert arboré résiduel dans les communes urbaines et périurbaines en année 2020

L'occupation du sol urbain de Kinshasa a connu des forts changements entre les années 2000 et 2020. Les espaces verts arborés sont supprimés pour laisser la place aux diverses constructions et autres occupations anthropiques (Figure 8). L'analyse des images satellitaires a évalué la perte du couvert arboré à environ 225,8 km² représentant près de 25% de sa superficie initiale à l'année 2000. La savane et la zone bâtie & anthropisée ont connu respectivement une extension spatiale de 28% et 4,6% de leurs superficies à l'année initiale (Tableau 2).

Les communes de Nsele, Mont-Ngafula et Masina à elles seules couvrent près de 97% de la superficie arborée résiduelle de la zone urbaine de Kinshasa. Les communes de Ngaba et Ngiri-Ngiri quant à elles n'abritent presque aucun couvert arboré résiduel hormis quelques rares arbres parsemés dans la commune (Figure 9).

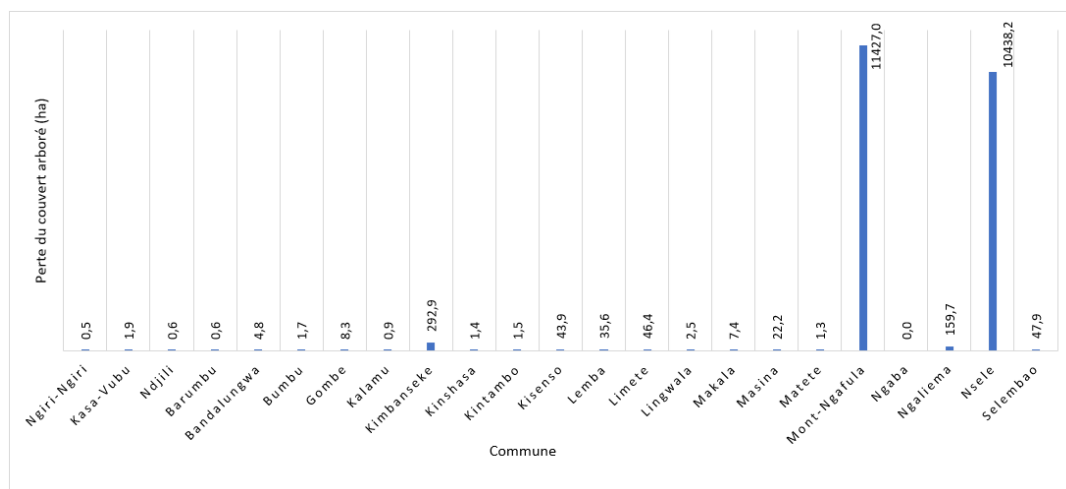


Fig. 10. Perte du couvert arboré dans les communes urbaines et périurbaines entre les années 2000 et 2020

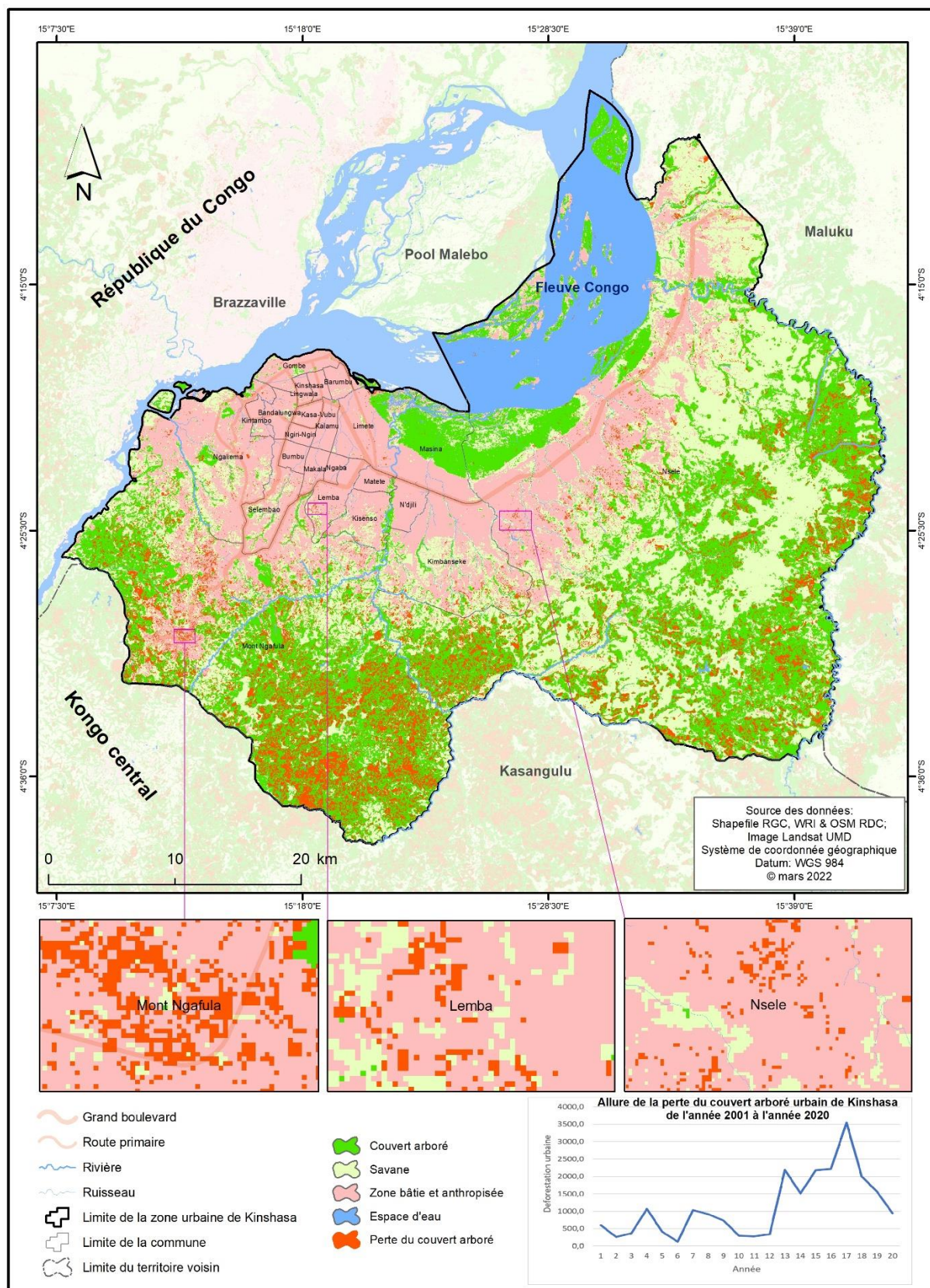


Fig. 11. Répartition spatiale de la perte du couvert arboré urbain et périurbain de Kinshasa entre 2000 et 2020

La perte du couvert arboré urbain à Kinshasa a connu plusieurs fluctuations au fil du temps. Entre les années 2000 et 2020, la perte annuelle moyenne du couvert arboré dans la zone urbaine et périurbaine s'élève à environ $1128,8 \pm 910,9$ ha. La plus grande perte est observée à l'année 2017 pendant laquelle près de 3548,2 ha soit 15,7% de la perte totale de la période sous étude a été enregistrée. La plus faible perte était enregistrée au cours de l'année 2002 avec (263,4 ha soit 1,2%) (Figure 11). Les communes de Mont-Ngafula, Nsele et Kimbanseke à elles seules représentent environ 98% de la perte totale du couvert arboré de la zone urbaine de Kinshasa. La faible déforestation est observée dans la commune de Ngiri-Ngiri près de 0,5 ha pendant cette période de 20 ans. Par ailleurs dans la commune de Ngaba la déforestation est presque nulle (Figures 10 & 11).

La perte du couvert arboré urbain entraîne des répercussions négatives sur l'environnement local. Entre les années 2000 et 2020, la température locale de Kinshasa a légèrement augmenté au gré de l'évolution de la perte du couvert arboré, allant de 24,5°C à 25,3°C pour la température minimale et de 29,7°C à 30,7°C pour la température maximale. Mais, les analyses statistiques ont indiqué une faible corrélation ($R^2 = 11,4\%$) entre la variation de la température locale et la perte du couvert arboré de la ville de Kinshasa (Figure 12). Ceci revient à dire que la perte du couvert arboré urbain serait l'une des causes, mais pas nécessairement la cause de l'augmentation de la température locale de la ville de Kinshasa.

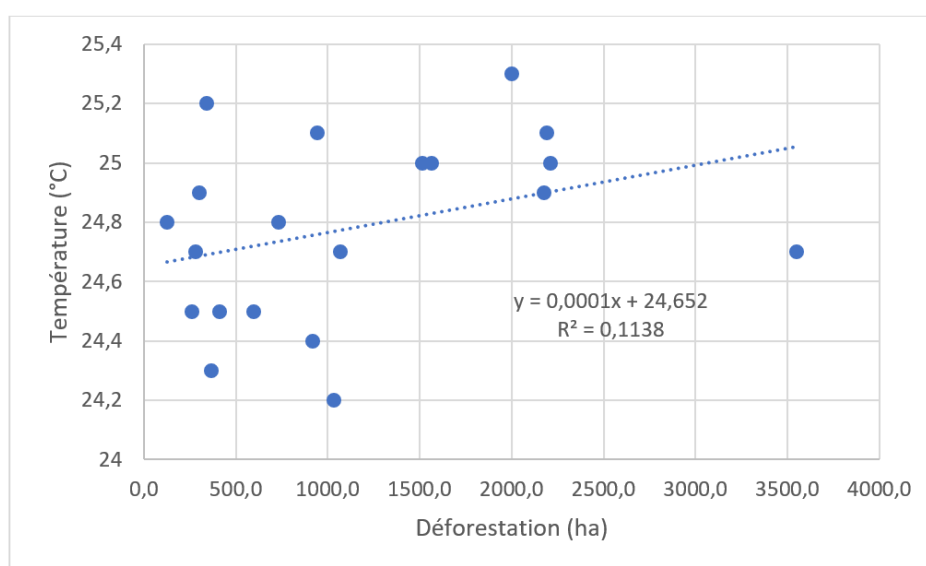


Fig. 12. Corrélation entre la déforestation urbaine et l'évolution de la température

4 DISCUSSION

L'occupation du sol de la zone urbaine de Kinshasa a connu des forts changements pendant la période située entre les années 2000 et 2020. Les espaces verts sont détruits pour la satisfaction de besoin en bois énergie des entreprises pâtisseries artisanales et *nganda ntaba* d'une part et laisser la place pour diverses constructions d'autre part. Le couvert arboré résiduel est observé principalement dans les communes de Nsele, Mont-Ngafula et Masina couvrant respectivement 41604,1 ha (61,17%), 22039,2 ha (32,4%) et 2245,4 ha (3,3%). L'analyse des images satellitaires n'a montré aucun couvert arboré résiduel dans les communes de Ngaba et Ngiri-Ngiri.

A Kinshasa, les arbres sont coupés même dans les parcelles habitées (environ 66%) pour servir de bois énergie utilisé par ces entreprises, néanmoins une portion du bois énergie provient du plateau de bateké (16,5%), province du Kongo centrale (15,3%), la province de Kwango (1,2%) et la province de Kwilu (0,9%).

La perte annuelle moyenne du couvert arboré dans la zone urbaine et périurbaine de Kinshasa est évaluée à environ $1128,8 \pm 910,9$ ha. L'année 2017 est marquée par la plus grande perte du couvert arboré 3548,2 ha soit 15,7% de la perte totale. Le couvert arboré a été moins déboisé à l'année 2002 (263,4 ha soit 1,2%). Au total 225,8 km² du couvert arboré, soit 25% de sa superficie initiale ont été déboisés et convertis en savane et zone bâtie et anthropisée entre les années 2000 et 2020. Les plus grandes valeurs de perte de la couverture arborée sont localisées dans les communes de Mont-Ngafula (11427 ha soit 50,68%), Nsele (10438,2 ha soit 46,3%) et Kimbanseke (292,9 ha soit 1,3%). La perte la plus faible est observée dans la commune de Ngiri-Ngiri près de 0,5 ha, soit 0,002%; cependant considérant la couverture arborée de la commune de Ngiri-Ngiri à elle seule,

elle a perdu la quasi-totalité (100%) de son couvert arboré initial. Aucune perte du couvert arboré n'a été observée dans la commune de Ngaba, par le simple fait que dans cette commune le résultat de l'analyse des images satellitaires n'a pas détecté de couverture arborée pendant la période d'étude. Ces résultats vont de pair avec celui de [15] abordant la politique énergétique intégrée en République Démocratique du Congo, où il signale la forte pression de la population kinois sur la ressource ligneuse suite au besoin énergétique.

Malgré la bonne connaissance des conséquences environnementales dues à la suppression du couvert arboré en milieu urbain (63% des enquêtés), les entreprises pâtisseries artisanales kinois et *nganda ntaba* continuent à exercer une forte pression sur la couverture arborée urbaine (94%). Ce comportement serait motivé par la disponibilité du bois de chauffe et le faible coût d'acquisition de celui-ci comparée aux autres sources d'énergie.

Une boulangerie artisanale consomme environ $3,36 \pm 1,25 \text{ m}^3$ du bois de chauffe par jour et un *nganda ntaba* consomme près de $2 \pm 0,67$ fagots de bois de chauffe par jour. La forte consommation du bois énergie par les restaurants, briquetiers, les pâtisseries, forgerons... a été déjà abordée par [14] et [33].

La coupe des arbres dans les parcelles pour des raisons énergétiques est plus fréquente dans les communes de Mont-Ngafula (26,6%), Lemba (15,3%), Nsele (12,2%), Kisenso (11%), Maluku (11%), Selembao (4,3%), Makala (4%), et Kimbanseke (3,7%). Ce résultat issu de l'analyse des données de l'enquête de terrain corrobore celui de l'analyse de la perte du couvert arboré dans les communes urbaines et périurbaines de Kinshasa (Figure 11).

Les résultats des analyses révèlent que la perte du couvert arboré urbain et périurbain de Kinshasa serait parmi les causes de l'augmentation d'un degré Celsius (1°C) de la température locale. Ce résultat confirme ceux de [1], [2], [3] et [5] qui signalent les différents impacts environnementaux générés à la suite de la perte du couvert végétal en milieu urbain.

5 CONCLUSION

Cette étude a évalué l'impact des entreprises pâtisseries artisanales et *nganda ntaba* (différents coins où l'on vend des brochettes, des cuisses de poulet et de la viande de chèvre grillée) sur l'évolution du couvert végétal arboré dans la zone urbaine et périurbaine de Kinshasa, grâce aux analyses combinées de données collectées sur terrain et les données satellitaires.

Le paysage vert de la zone urbaine et périurbaine de Kinshasa subit de plus en plus une forte pression d'origine anthropique. Les résultats des analyses ont montré que la quasi-totalité (94%) de boulangeries artisanales et *nganda ntaba* font recours au bois énergie pour la cuisson des pains et / ou grillade de la viande de chèvre. Une boulangerie utilise une moyenne de $3,36 \pm 1,25 \text{ m}^3$ de bois de chauffe par jour, un *nganda ntaba* quant à lui peut consommer en moyenne $2 \pm 0,67$ fagots de bois de feu par jour. L'analyse des données d'enquête a révélé que ces bois proviennent de différentes origines, néanmoins une portion importante (66%) provient de la coupe en milieu urbain et périurbain.

Les résultats issus des analyses des données satellitaires font état d'une grande perte du couvert arboré dans la zone sous étude, avec une moyenne annuelle $1128,8 \pm 910,9 \text{ ha}$. Il a été observé une relation étroite entre le résultat de l'enquête indiquant les communes où se passe fréquemment les coupe des arbres et le résultat de l'analyse de la déforestation renseignant les communes ayant connu une grande perte en termes de couvert arboré.

Le boisement des zones savaniques à la périphérie de Kinshasa pour la production du bois énergie réduirait la pression sur le couvert arboré en milieu urbain. Par ailleurs, le réaménagement de la ville de Kinshasa suivant une approche intégrée et impliquant tous les acteurs et ainsi que la restauration de son paysage arboré maintiendrait l'équilibre climatique local et résoudrait les problèmes de catastrophes naturelles (Erosion, inondation, etc.). Aussi la politique gouvernementale sur l'énergie devrait viser la bonne fourniture d'électricité et développement de l'énergie renouvelable, alternative au bois énergie; mais aussi la promotion de la foresterie urbaine, ferait de Kinshasa une ville résiliente.

REFERENCES

- [1] J. L. Tungi Tungi, P. M. Madibi, E. N. Nsimba, E. L. Lutete, C. M. Lendo, P.L. Baraka, S. E. Ndiyo, R. S. Lumbuenamo, R. M. Tshimanga, C. T. Mwamba, "Impact de la croissance démographique et de l'expansion urbaine sur la dynamique forestière des zones environnantes de la ville de Kikwit en République Démocratique du Congo," *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, vol. 4, n° 4, pp. 23-30, 2021.
http://www.rafea-congo.com/pages/lecture1.php?id_article=147#l (consulté le 06 décembre 2021).
- [2] V. Delbart et E. Wolff, "Extension urbaine et densité de la population à Kinshasa: contribution de la télédétection satellitaire," *Belgeo*, vol 2, n°1, pp. 45-59, 2002.
<https://journals.openedition.org/belgeo/15451?lang=en> (consulté le 15 décembre 2021).
- [3] A.Böll, C. Graf, et F. Graf, Des plantes pour lutter contre l'érosion et les glissements en surface. Notice pour le praticien, Institut federal de recherches WSL CH-8903 Birmensdorf, vol 37, 8p, 2003.
https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl%3A9195/datastream/PDF/Graf-2003-Des_plantes_pour_lutter_contre-%28published_version%29.pdf (consulté le 18 décembre 2021).
- [4] FAO, Stratégie de développement et Plan d'action pour la promotion de la foresterie urbaine et périurbaine de la ville de Bangui urbaine. Foresterie urbaine et périurbaine Document de travail 3. Rome, 103P, 2009.
- [5] R. B. Miller, et C. Small, "Cities from space: potential applications of remote sensing in urban environmental research and policy," *Environmental Science & Policy*, vol. 6, Issue 2, pp.129-137, 2003.
- [6] D. N'Zala et P. Miankodila, "Arbres et espaces verts à Brazzaville (Congo)," *Bois et Forêts des Tropiques*, vol. 272, n°2, pp. 88-92, 2002.
<https://revues.cirad.fr/index.php/BFT/article/view/20158> (consulté le 11 octobre 2021).
- [7] AFSSE (Agence française de sécurité sanitaire environnementale), Impacts sanitaires du bruit État des lieux Indicateurs bruit-santé, 346p, 2004.
<https://www.anses.fr/fr/system/files/AP2003et1000Ra.pdf> (consulté le 11 octobre 2021).
- [8] E. Makumbelo, L. Lukoki, J. Paulus, et N. Luyindula, "Inventaire des espèces végétales mises en culture dans les parcelles en milieu urbain. Cas de la commune de Limete - Kinshasa - R. D. Congo," *Tropicultura*, vol. 20, n° 2, pp. 89-95, 2002.
<http://www.tropicultura.org/content/v20n2.html> (consulté le 18 octobre 2021).
- [9] F. Salbitano, S. Borelli, M. Conigliaro, et Y. Chen, Directives sur la foresterie urbaine et périurbaine. Etudes FAO: Forêts, Rome, n°178, 189p, 2017.
- [10] FAO, Foresterie urbaine et périurbaine en Afrique. Quelles perspectives pour le bois-énergie ? Document de travail sur la foresterie urbaine et périurbaine, n°4, Rome, 95p, 2010.
- [11] K. R. Sambieni, M. A. Biloso, S. M. Toyi, R. Occhiuto, J. Bogaert, et B. Dossou, "La végétation arborée domestique dans le paysage urbain et périurbain de la ville de Kinshasa, République Démocratique du Congo," *Afrique science*, vol. 14, n° 2, pp. 197 – 208, 2018.
<https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/228882/1/19-AS-1743.pdf> (consulté le 28 octobre 2021).
- [12] I. Sather, E. Macie, et D. R. Hartel, Benefits and costs of the urban forests are all the trees and other vegetation that grow in places where people live, work and play, from small communities in rural areas to large metropolitan cities, USDA Forest Service, 27p, 2004.
- [13] J. Dombrow, M. Rodriguez et C. F. Sirmans, "The Market Value of Mature Trees in Single- Family Housing Markets," *Appraisal Journal*, vol. 68, n° 1, pp 39-43, 2000.
- [14] J. Marien, E. Dubiez, D. Louppe, et A. Lazilliere, Quand la ville mange la forêt: Les défis du bois énergie en Afrique centrale. Ed. Quæ, France, 238p, 2013.
<https://www.quae.com/produit/1182/9782759220991/quand-la-ville-mange-la-foret> (consulté le 17 décembre 2021).
- [15] M. Maldague, "Politique énergétique intégrée en république démocratique du Congo," *Bulletin de l'ANSD*, vol. 2, pp. 27-67, 2001.
https://www.congoforum.be/Upldocs/politique_energetique_RDC.pdf (consulté le 30 décembre 2021).
- [16] K. R. Sambieni, Y. S. Useni, S. K. Cabala, A. M. Biloso, F. K. Munyemba, F. N. Lelo, Occhiuto et J. Bogaert, "Les espaces verts en zone urbaine et périurbaine de Kinshasa en République Démocratique du Congo," *Tropicultura*, vol. 36, n° 3, pp. 478-491, 2018 (b).
<http://www.tropicultura.org/text/v36n3/478.pdf> (consulté le 04 janvier 2022).
- [17] T. Bernard, J. Lagae, et M. Gemoets, Kinshasa, architecture et paysages urbains. Éd. d'Art, Paris, Somogy, 128 p, 2010.
- [18] A. Egoroff, Esquisse géologique provisoire du sous - sol de Léopoldville, d'après les sondages (1947 – 1955). Service géologique du Congo belge et du Ruanda - Urundi, vol. 6, 15p, 1956.
- [19] X. Van Caillie, Carte géomorphologique et géotechnique de Kinshasa, Planche IV Géotechnique, B.E.A.U/T.P.A. T, IGNB, Bruxelles, 1977.

- [20] N. F. Lelo, "Croissance urbaine et recul de la ceinture verte maraîchère à Kinshasa," Congo - Afrique, n°438, pp. 567-591, 2009.
- [21] N. F. Lelo, Kinshasa, ville et environnement, Ed. Harmattan, Paris, vol. 1, 281p, 2008.
- [22] Acres, B. D. Rains, A. B. King, R.B. Lawton, R. M. Mitchell, A. J. B and Rackham, L. J., African dambos: their distribution, characteristics and use, In: M. F. Thomas, A. S. Goudie, Dambos, Small valleys in the tropics. Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementen band, n°52, pp. 63-86, 1985.
- [23] M. Raunet, "Les bas-fonds en Afrique et à Madagascar," Zeitschrift für Geomorphologie, 52, pp. 25-62, 1985.
- [24] M. Crabbe, Le climat de Kinshasa: d'après les observations centrées sur la période 1931 – 1970, Service météorologique, Dpt. des Transports et Communications, Kinshasa, 120p, 1975.
- [25] F. Bultot, Statistiques des pluies intensives en un point dans une aire du Congo belge et du Ruanda – Urundi, B.C.C.V, n°11, Bruxelles, 136p, 1971.
- [26] AccuWeather, Inc, 2022. [En ligne] Disponible: <https://www.accuweather.com/fr/cd/kinshasa/113487/january-weather/113487> (consulté le 19 avril 2022).
- [27] Climate-data.org, 2022. [En ligne] Disponible: <https://fr.climate-data.org/afrique/congo-kinshasa/kinshasa/kinshasa-408/> (consulté le 19 avril 2022).
- [28] S. Shomba F. Mukoka, D. Olela, M. Kaminar et W. Mbalanda, Monographie de la ville de Kinshasa, Ed. ICREDES, Kinshasa-Montréal-Washington, 105p, 2015.
- [29] P. Compère, Cartes des sols et de la végétation du Congo, du Rwanda et du Burundi, Bas-Congo. B, Notice explicative de la carte de la végétation, Ed. I.N.E.A.C, Bruxelles, 36p, 1970.
https://library.wur.nl/isric/fulltext/isricu_i4222_001.pdf (consulté le 10 janvier 2022).
- [30] F. White, The vegetation of Africa: a descriptive memoir to accompany the Unesco/AETFAT/UNSO vegetation map of Africa, Nat. Ed. Ressources Research (Unesco), vol. 20, 356 p, 1983.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000058054> (consulté le 17 janvier 2022).
- [31] K. W. T. Tshibangu, P. Engels, et F. Malaisse, "Evolution du couvert végétal dans la région de Kinshasa (1960 - 1987) selon une approche cartographique," Geo - Eco - Trop., 21, pp. 95 – 103, 1997.
- [32] R. Peltier, F. Bisiaux, E. Dubiez, J. N. Marien, J. C. Muliele, P. Procs, et C. Vermeulen, De la culture itinérante sur brûlis aux jachères enrichies productrices de charbon de bois en République Démocratique du Congo, ISDA, Montpellier (France), 16 p, 2010.
<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00512274/document> (consulté le 20 janvier 2022).
- [33] J. Schure, V. Ingram, et M. C. Akalakou, Bois énergie en RDC: analyse de la filière des villes de Kinshasa et Kisangani, Ed. CIFOR, 88p, 2011.
https://ur-forets-societes.cirad.fr/content/download/4097/32023/version/1/file/Projet+Makala+-+Analyse+de+la+fili%C3%A8re+bois+%C3%A9nergie++%C3%A0+Kinshasa+et+Kisangani_web.pdf (consulté le 04 février 2022).

Effet du degré d'enherbement sur l'infestation de la culture du Maïs (*Zea mays* (L.), Poaceae) par les insectes ravageurs majeurs dans le Centre de la Côte d'Ivoire

[Effect of weediness degree on the infestation of the Maize crop (*Zea mays* (L.), Poaceae) by major pest insects in Central Côte d'Ivoire]

Kra Frédéric Kouamé¹, Awa Touré², Edouard Yves Gilchrist Kouadio³, Mamadou Djénéba Coulibaly⁴, and Mamadou Cherif^{3,4}

¹Centre National de Floristique (CNF), Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

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

³Laboratoire de Biotechnologie, Agriculture et Valorisation des Ressources Biologiques, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

⁴Centre d'Excellence Africain sur les Changements Climatiques, la Biodiversité et l'Agriculture Durable (CEA-CCBAD), Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2022 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 production of maize (*Zea mays* L.) is subject to many constraints, particularly weeds and insects. Among the latter, the fall armyworm *S. frugiperda*, the foliage-feeding insect *S. derogata* and the aphid *R. maidis* cause massive crop losses. This study focused on the evaluation of maize crop infestation by these invasive insects according to the degree of plot weediness in a farm environment. The data collected in maize fields on the rate of weediness and damage from insects were treated using Statistica 7.1. software. The results obtained about the dispersion of damage caused by insect and the rates of plot weediness showed variable correlations between these two biological pests according to the concerned insect. Damages has been accentuated while the weediness. *S. frugiperda* was the major pest and its attacks were remarkable between a weediness rate of 10 and 60%. Damages of *S. derogata* were more important for a weediness degree of 45%. Regarding *R. maidis*, it was more aggressive when the weediness rate in maize plots reached 50%. The results of this study could offer useful tools in the main invasive insect pests control strategy in the maize crops.

KEYWORDS: Maize, weeds, invasive insect pests, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire.

RESUME: La production du maïs (*Zea mays* L.) est sujette à de nombreuses contraintes notamment les mauvaises herbes et les insectes. Parmi ces derniers, la chenille légionnaire *S. frugiperda*, le ravageur phyllophage *S. derogata* et le puceron *R. maidis* occasionnent d'énormes pertes de récolte. La présente étude a eu pour objet d'évaluer en milieu paysan, l'infestation de la culture du maïs par ces insectes ravageurs selon le degré d'enherbement des parcelles. Les données collectées dans les champs de maïs sur les taux d'enherbement et de dégâts des insectes ravageurs ont été traitées à l'aide du logiciel Statistica 7.1. Les résultats obtenus sur la dispersion des dégâts occasionnés et les taux d'enherbement ont montré des corrélations variables entre ces deux contraintes biotiques selon l'insecte concerné. Les dégâts ont été accentués avec l'évolution de l'enherbement. *S. frugiperda* a été le ravageur majeur et ses dégâts ont été remarquables entre 10 et 60 % d'enherbement. Les dégâts de *S. derogata* ont été plus importants à 45 % d'enherbement. Concernant *R. maidis*, il a été plus agressif lorsque le taux d'enherbement des champs de maïs égalait 50 %. Les résultats de cette étude pourraient utilement servir dans la stratégie de contrôle des insectes ravageurs de la culture du maïs.

MOTS-CLÉS: Maïs, adventices, insectes ravageurs, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Le maïs [*Zea mays* L. (Poaceae)] est un constituant majeur du régime alimentaire de nombreuses populations dans diverses régions du monde, notamment en Afrique occidentale [1], [2]. En Côte d'Ivoire, il s'agit de la 2^e céréale la plus cultivée après le riz, avec une production estimée à 1 100 000 tonnes/an [3]. Celle-ci qui provient essentiellement des régions centre et nord du pays [4] est consommée fraîche en zone côtière et au sud, et sous forme de semoules dans les régions septentrionales. Plus qu'un simple produit de subsistance, le maïs est aujourd'hui beaucoup cultivé du fait de ses enjeux économiques, industriels, pharmaceutiques de plus en plus nombreux et importants [5], [6], [7]. Malgré son intérêt, la culture du maïs est confrontée aux contraintes biotique et climatique [8]. Celles d'ordre biotique dominées par les adventices et les parasites comme les insectes ravageurs sont les plus dommageables [9], [10], [11]. La concurrence des adventices limite la disponibilité des ressources nécessaires à la croissance du maïs. De même, leur présence favorise la pression des insectes ravageurs qui détériorent l'état sanitaire de la culture et, par conséquent, sa production [12], [13]. Les pertes de rendement occasionnées sont estimées à plus de ¾. Elles sont surtout dues aux attaques de toute la plante (racines, tiges, feuilles) par les Lépidoptères et les pucerons pendant la phase végétative ou reproductive [14], [15]. Cependant, quasi inexistantes sont les travaux mettant en relation l'enherbement et les dégâts des insectes, notamment en maïsiculture. Cette étude se propose donc d'évaluer la relation entre le degré d'enherbement et le niveau d'infestation de la culture du maïs par les insectes parasites majeurs dans la localité de Yamoussoukro.

2 MÉTHODES D'ÉTUDE

2.1 SITES D'ÉTUDE

N'gattakro et Bonzi, deux villages de la ville de Yamoussoukro ont abrité les essais (Figure 1). Yamoussoukro est situé au centre de la Côte d'Ivoire entre 06° 15 et 07° 35 de longitude Nord et 004° 40 et 005° 40 de latitude Ouest, à 248 km au nord de la ville d'Abidjan. La zone d'étude est soumise au climat tropical humide de type baouléen [16]. Les sols sont plus ou moins profonds, argilo-sableux, gravillonnaires et latéritiques à la base. Il s'agit de ferral-sols indurés et développés sur granite [17]. La forêt claire, les savanes arborée, arbustive et herbeuse entrecoupées de galeries et îlots forestiers dominent la végétation [18]. La température moyenne est de 26 °C et l'hygrométrie qui varie de 75 à 85 % est optimale en période pluvieuse. Cette dernière s'étend de mars à novembre et est suivie d'une saison sèche de décembre à février, marquée par l'harmattan. La pluviométrie varie de 1 200 à 1 600 mm/an, avec un déficit hydrique cumulé pouvant atteindre 450 mm [16].

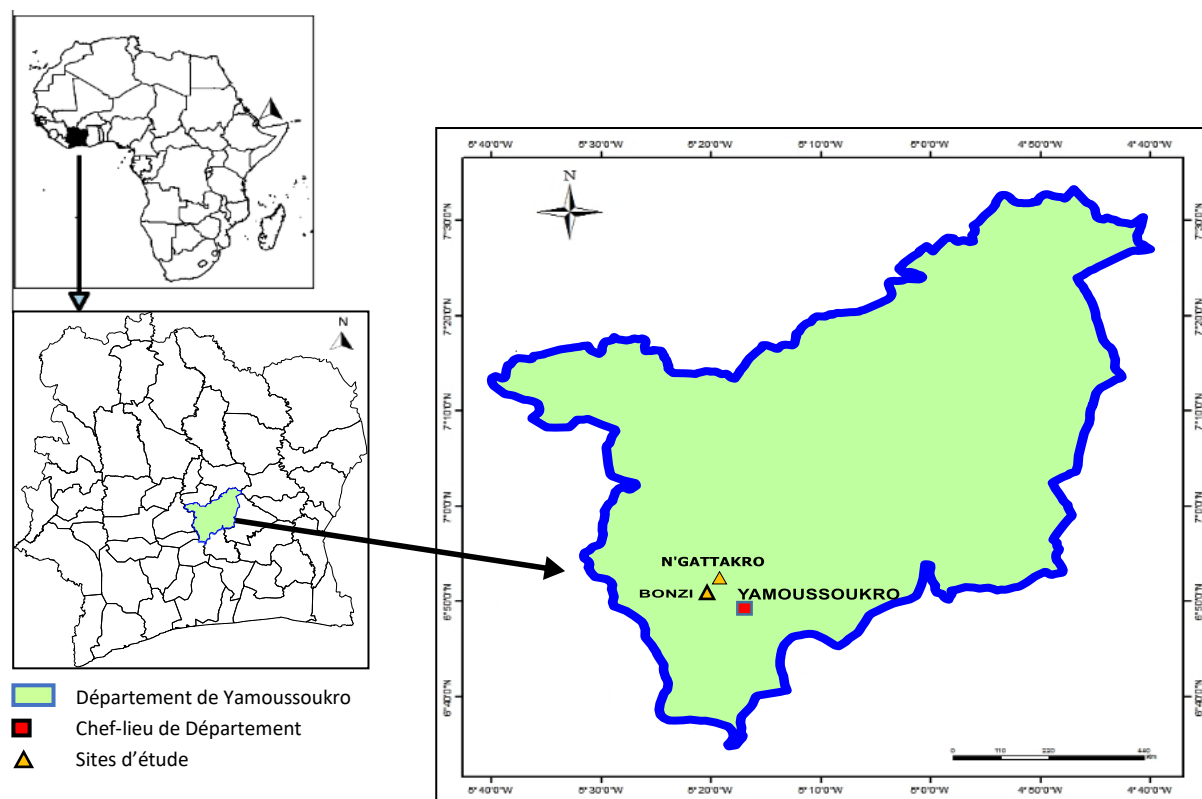


Fig. 1. Localisation des villages de Bonzi et N'gattakro dans le département de Yamoussoukro en Côte d'Ivoire

2.2 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Le matériel biologique a été constitué, outre les plants de maïs [*Zea mays* L. (Poaceae)], de toutes les adventices (mauvaises herbes) et des insectes ravageurs majeurs rencontrés dans les parcelles de culture. Ce sont:

- La chenille légionnaire d'automne [*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) Lepidoptera: Noctuidae], qui se nourrit des feuilles et tiges des plants [19] ;
- Le ravageur phyllophage [*Sylepte derogata* (Fabricius, 1775) Lepidoptera: Crambidae] dont les chenilles provoquent l'enroulement spectaculaire des feuilles [20] ;
- Le puceron du maïs [*Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) Homoptera: Aphididae] vecteur de virus, transporté par les courants d'air, qui envahit le cornet, se développe sur la panicule et provoque l'enroulement longitudinal de la dernière feuille [21].

2.3 COLLECTE DES DONNÉES

2.3.1 INVENTAIRE FLORISTIQUE

La méthode de relevé floristique adoptée est le « tour de champ » [22], permettant d'apprécier la diversité spécifique d'une parcelle de la manière la plus exhaustive possible [23]. Elle consiste à inventorier toutes les espèces dans une surface d'observation définie en fonction de l'hétérogénéité des milieux, en la parcourant dans différentes directions [24], [25]. Les inventaires ont été faits dans 76 parcelles de maïs de 2 500 m² délimitées dans 76 champs de maïs situés dans les deux villages concernés. Dans chaque parcelle, les mauvaises herbes ont été identifiées à partir de la flore de la Côte d'Ivoire, des ouvrages de Aké Assi [26], [27] et de l'herbier du Centre National de Floristique d'Abidjan. De même, des indices d'abondances dominances leur ont été attribués selon leurs recouvrements à partir de l'échelle de cotation de la commission des essais biologiques (Tableau 1).

Tableau 1. Echelle des indices d'abondance-dominance des adventices selon la commission des essais biologiques [29]

Indices d'abondance-dominance	Observations	Indices d'abondance-dominance	Observations
1	1 % de recouvrement (rare)	6	70 % de recouvrement
2	7 % de recouvrement ($\leq$ à 1 individu/m ²)	7	85 % de recouvrement
3	15 % de recouvrement ($>$ à 1 individu/m ²)	8	93 % de recouvrement
4	30 % de recouvrement	9	100 % de recouvrement
5	50 % de recouvrement		

2.3.2 DÉGÂTS DES INSECTES

Les dégâts causés par les insectes ravageurs majeurs (*S. frugiperda*, *S. derogata* et *R. maidis*) ont été observés sur 10 plants de maïs par parcelle d'étude. Ceux-ci ont été choisis selon la méthode de la diagonale. Une observation minutieuse de chaque plant a été faite en vue de déceler les différentes anomalies (feuilles flétries, tige déformée, rabougrissement et chlorose) et dégâts. Ces derniers se situent au niveau de la plante entière, des entre-nœuds, des feuilles, de la cime de la plante et des boutons floraux.

2.4 ANALYSE DES DONNÉES

Les données recueillies ont été analysées selon deux approches: l'étude qualitative et l'étude quantitative.

L'étude qualitative a mis en évidence la composition en espèces, en genre, en familles et en classes de la flore adventice de la culture du maïs dans le département de Yamoussoukro. L'étude quantitative a consisté à apprécier la nuisibilité des espèces de mauvaises herbes sur les plants de maïs. Elle a été réalisée en déterminant la fréquence centésimale et l'abondance-dominance moyenne des adventices. En outre, le pourcentage de dommages causés par chaque ravageur majeur été évalué.

2.4.1 FRÉQUENCE CENTÉSIMALE DES ADVENTICES

C'est la fréquence relative exprimée en pourcentage. Cette dernière correspond au rapport de la fréquence absolue (Fa) sur le nombre total de relevés (N). La fréquence absolue d'une espèce ou fréquence spécifique se définit comme le nombre de relevés où elle est présente dans le nombre total de relevés effectués (N) sur un site donné [28]. La formule utilisée est la suivante:

$$F_c (\%) = \frac{F_a}{N} \times 100$$

2.4.2 ABONDANCE-DOMINANCE MOYENNE DES ADVENTICES

À chaque relevé, le score d'abondance-dominance des différentes adventices recensées a été noté et l'abondance-dominance moyenne (A/D moy) a été calculée pour chaque espèce. Pour une espèce donnée (e), cette moyenne correspond au quotient de la somme de ses notes d'abondance-dominance sur le nombre de relevés (N).

$$A/D \text{ moy (e)} = \frac{\sum A/D \text{ de l'espèce (e)}}{N}$$

2.4.3 TAUX DE DÉGÂTS DES RAVAGEURS SUR LES PLANTS DE MAÏS

À l'issue de l'observation des dégâts sur les plants de maïs, le nombre de plants présentant les dégâts caractéristiques de chaque ravageur a été compté. Ensuite, le pourcentage d'attaque (% At) a été calculé pour chaque ravageur en faisant le rapport entre le nombre de plants attaqués (nPA_t) et l'effectif des plants observés par parcelle, multiplié par 100. La formule utilisée est la suivante:

$$\% \text{ At} = \frac{nPA_t}{N} \times 100$$

2.5 TRAITEMENT STATISTIQUE DES DONNÉES ANALYSÉES

Les données collectées durant les expérimentations ont été saisies et traitées à l'aide du tableur Excel 2016. Les données traitées ont été soumises à des tests statistiques effectués au moyen du logiciel STATISTICA version 7.1. Une étude statistique exploratoire, notamment l'Analyse des Correspondances multiples (ACM) a été réalisée pour apprécier la relation entre le degré d'enherbement des parcelles et les dégâts causés par les principales composantes du spectre des ravageurs inventoriés.

3 RÉSULTATS

3.1 COMPOSITION FLORISTIQUE

Cinquante-cinq (55) espèces issues de 49 genres et 22 familles ont été recensées comme adventices dans les champs de culture du maïs (Tableau 2). La contribution des Poaceae à la diversité de la flore a été de 16 % suivie de celles des Fabaceae et Asteraceae (13 % chacune), Euphorbiaceae (7 %), Phyllanthaceae et Malvaceae (5 % chacune), Amaranthaceae, Convolvulaceae, Cyperaceae, Moraceae, Sapindaceae et Solanaceae (4 % chacune), Apocynaceae, Cleomaceae, Commileneaceae, Dilleniaceae, Hydroleaceae, Loganiaceae, Molluginaceae, Nyctaginaceae, Passifloraceae, et Rubiaceae (2 % chacune) (Figure 2). Les Dicotylédones ont représenté 71 % de la flore inventoriée tandis que les Monocotylédones y ont contribué à 29 %.

Tableau 2. Répartition par famille et genre des espèces d'adventices inventoriées lors de l'étude

N°	Espèces	Genres	Familles	N°	Espèces	Genres	Familles
1	<i>C. trigyna</i>	Celosia	Amaranthaceae	17	<i>H. glabra</i>	Hydrolea	Hydroleaceae
2	<i>G. globosa</i>	Gomphrena		18	<i>S. anthelmia</i>	Spigelia	Loganiaceae
3	<i>P. nigrescens</i>	Parquetina	Apocynaceae	19	<i>C. olitorius</i>	Corchorus	Malvaceae
4	<i>A. conyzoides</i>	Ageratum	Asteraceae	20	<i>S. acuta</i>	Sida	
5	<i>B. pilosa</i>	Bidens		21	<i>S. urens</i>		
6	<i>P. rudera</i>	Porophyllum		22	<i>M. nudicaulis</i>	Mollugo	Molluginaceae
7	<i>V. cinerea</i>	Vernonia		23	<i>A. africana</i>	Antiaris	Moraceae
8	<i>V. colorata</i>	Vernonia		24	<i>F. exasperata</i>	Ficus	
9	<i>T. procumbens</i>	Tridax		25	<i>B. diffusa</i>	Boerhavia	Nyctaginaceae
10	<i>S. nodiflora</i>	Synedrella		26	<i>P. foetida</i>	Passiflora	Passifloraceae
11	<i>C. ciliata</i>	Cleome	Cleomaceae	27	<i>S. virosa</i>	Securinega	Phyllanthaceae
12	<i>C. benghalensis</i>	Commelina	Commelinaceae	28	<i>P. amarus</i>	Phyllanthus	
13	<i>I. triloba</i>	Ipomea	Convolvulaceae	29	<i>P. muellerianus</i>		
14	<i>M. quinquefolia</i>	Merremia		30	<i>B. deflexa</i>	Brachiaria	Poaceae
15	<i>C. rotundus</i>	Cyperus	Cyperaceae	31	<i>B. lata</i>		
16	<i>M. cylindristachyus</i>	Mariscus		32	<i>C. pilosa</i>	Chloris	
33	<i>T. alnifolia</i>	Tetracera	Dilleniaceae	45	<i>D. aegyptium</i>	Dactyloctenium	
34	<i>C. hirtus</i>	Croton	Euphorbiaceae	46	<i>D. horizontalis</i>	Digitaria	
35	<i>E. hyssopifolia</i>	Euphorbia		47	<i>E. indica</i>	Eleusine	
36	<i>E. heterophylla</i>			48	<i>H. granularis</i>	Hackelochloa	
37	<i>E. hirta</i>			49	<i>P. maximum</i>	Panicum	
38	<i>C. mucunoides</i>	Calopogonium	Fabaceae	50	<i>S. pallide-fusca</i>	Setaria	
39	<i>C. mimosoides</i>	Cassia		51	<i>B. latifolia</i>	Borreria	Rubiaceae
40	<i>C. pubescens</i>	Centrosema		52	<i>C. halicacabum</i>	Cardiospermum	Sapindaceae
41	<i>M. zechiana</i>	Millettia		53	<i>L. cupanioides</i>	Lecaniodiscus	
42	<i>P. thonningii</i>	Piliogstigma		54	<i>P. micrantha</i>	Physalis	Solanaceae
43	<i>P. phaseoloides</i>	Pueraria		55	<i>P. angulata</i>		
44	<i>U. picta</i>	Uraria					

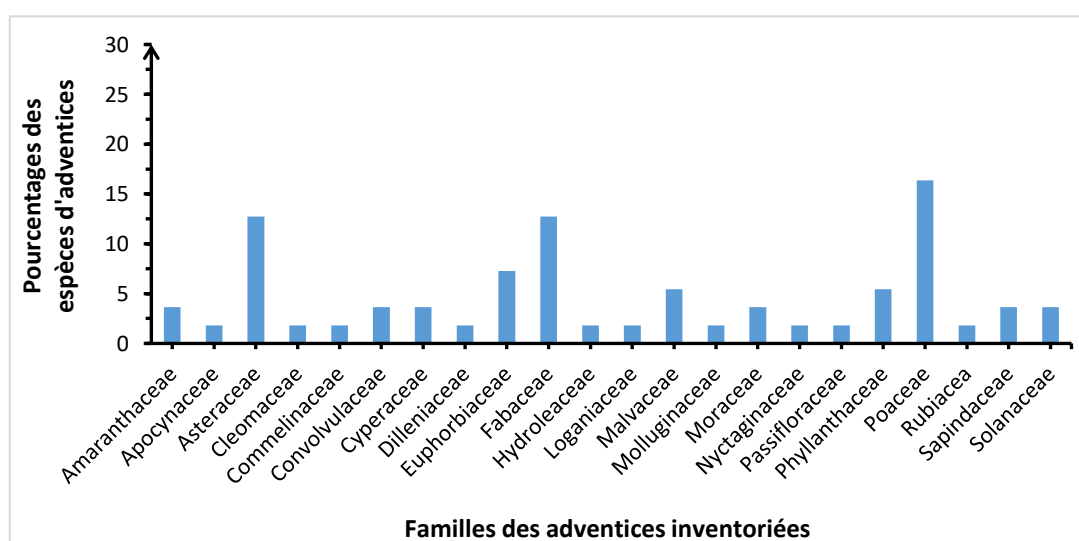


Fig. 2. Pourcentages des familles d'adventices recensées lors de l'étude

3.2 FRÉQUENCES CENTÉSIMALES ET ABONDANCE-DOMINANCES

Les principales adventices en fonction de leurs fréquences centésimales et abondance-dominances dans les parcelles de culture du maïs ont été déterminées. Dans la flore adventice observée, 11 espèces ont eu des fréquences proches, égales ou supérieures à 20 %. Ce sont: *Panicum maximum* Jacq., *Phyllanthus amarus* Schumach. & Thonn. *Euphorbia heterophylla* L., *Spigelia anthelmia* L., *Sida acuta* Burm. f., *Commelina benghalensis* L., *Mariscus cylindristachyus* Steud., *Brachiaria lata* (Schumach.) C. E. Hubb., *Digitaria horizontalis* Willd, *Cyperus rotundus* L. et *Porophyllum ruderale* (Jacq.) Cass. (Tableau 3). Parmi ces espèces, les sept premières citées ont possédé une valeur supérieure à 50 %. Par ailleurs, sur l'ensemble des mauvaises herbes recensées, 10 espèces (*Panicum maximum* Jacq., *Phyllanthus amarus* Schumach. & Thonn., *Euphorbia heterophylla* L., *Eleusine indica* [L.] Gaertn., *Spigelia anthelmia* L., *Commelina benghalensis* L., *Sida acuta* Burm. f., *Centrosema pubescens* Benth., *Mariscus cylindristachyus* Steud. et *Brachiaria lata* [Schumach.] C. E. Hubb.) ont eu des indices moyens d'abondance dominance supérieurs à 1,5 (Tableau 4).

Tableau 3. Espèces d'adventices de fréquences centésimales supérieures ou égales à 20 % dans les parcelles de culture du maïs

N°	Espèces	Familles	Fréquences centésimales
1	<i>Brachiaria lata</i> (Schumach.) C. E. Hubb.	Poaceae	49
2	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	Poaceae	50
3	<i>Phyllanthus amarus</i> Schumach. & Thonn.	Phyllanthaceae	71
4	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Euphorbiaceae	63
5	<i>Spigelia anthelmia</i> L.	Loganiaceae	50
6	<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	Poaceae	26
7	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae	29
8	<i>Commelina benghalensis</i> L.	Commelinaceae	53
9	<i>Mariscus cylindristachyus</i> Steud.	Cyperaceae	59
10	<i>Porophyllum ruderale</i> (Jacq.) Cass.	Asteraceae	20
11	<i>Sida acuta</i> Burm. f.	Malvaceae	68

Les données en gras dans le tableau indiquent les adventices ayant une fréquence de relevé $\geq$ à 50 %.

Tableau 4. Espèces d'adventices d'indices d'abondance-dominance supérieurs à 1,5 dans les parcelles de culture du maïs

N°	Espèces	Familles	Indices moyens d'Abondance-Dominance
1	<i>Brachiaria lata</i> (Schumach.) C. E. Hubb.	Poaceae	2,24
2	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	Poaceae	1,84
3	<i>Phyllanthus amarus</i> Schumach. & Thonn.	Phyllanthaceae	2,39
4	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Euphorbiaceae	2,17
5	<i>Spigelia anthelmia</i> L.	Loganiaceae	1,64
6	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Poaceae	1,54
7	<i>Commelina benghalensis</i> L.	Commelinaceae	1,89
8	<i>Mariscus cylindristachyus</i> Steud.	Cyperaceae	2,44
9	<i>Sida acuta</i> Burm. f.	Malvaceae	2,42
10	<i>Centrosema pubescens</i> Benth.	Fabaceae	1,65

3.3 RÉPARTITIONS DES DÉGÂTS CAUSÉS PAR LES INSECTES RAVAGEURS EN FONCTION DU TAUX D'ENHERBEMENT DES PARCELLES

Les différents dégâts observés dans les parcelles de culture du maïs ont été caractéristiques des attaques des insectes *Spodoptera frugiperda*, *Sylepte derogata* et *Rhopalosiphum maidis*. Les dispersions des taux de dégâts de ces insectes (0 à 50 %), des taux d'enherbement (0 à 60 %) et des localités échantillonnées (N'gattakro et Bonzi) ont permis de résumer les informations collectées en dimensions dont les deux premières exprimant les plus fortes inerties totales ont été retenues dans chaque cas pour la représentation des résultats.

Sylepte derogata: à un taux d'enherbement de 5 à 40 %, le taux de dégâts de *S. derogata* a été nul contre 4 à 5 % pour un recouvrement de 60 %. À 45 % d'enherbement, la proportion des dégâts de cet insecte dans les champs de maïs a été maximale et valait 20 % (Figure 3). *S. derogata* a été présent et dommageable dans les champs de maïs pour un taux de recouvrement des adventices supérieur ou égal à 45

%. Par ailleurs, les niveaux d'enherbement et les taux de dégâts de cet insecte phylophage n'ont pratiquement pas été dépendants des localités échantillonnées à savoir N'gattakro et Bonzi.

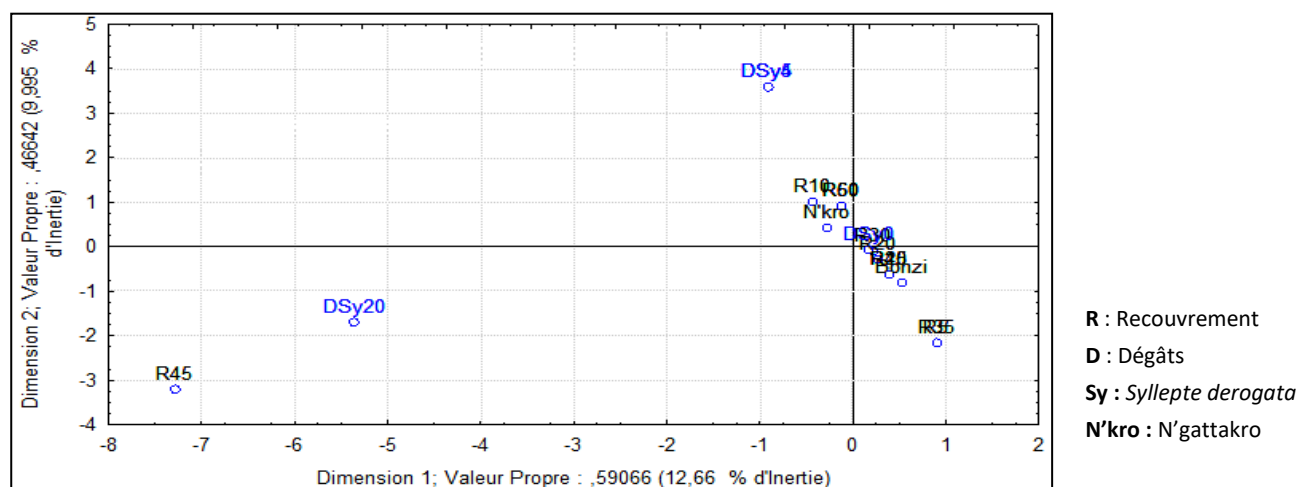


Fig. 3. Répartition des dégâts du ravageur phylophage, *Syllepte derogata*, dans les champs de maïs en fonction du taux d'enherbement

Spodoptera frugiperda: les dégâts de *S. frugiperda* (Figure 4) ont été observés dans les parcelles de maïs lorsque les taux d'enherbement ont été compris entre 10 et 60 %. Pour un recouvrement des adventices égale à 5 %, le taux de dégâts de la chenille légionnaire a été nul. Puis, les proportions de dégâts ont été accentuées avec l'évolution de l'enherbement et maximales (50 %) à 60 % de recouvrement des mauvaises herbes (Figure 5). En outre, très peu de différences ont été notées entre les taux d'attaques à N'gattakro et Bonzi, de façon globale.



Fig. 4. Dégâts de la chenille légionnaire d'automne, *S. frugiperda*, sur un plant de maïs

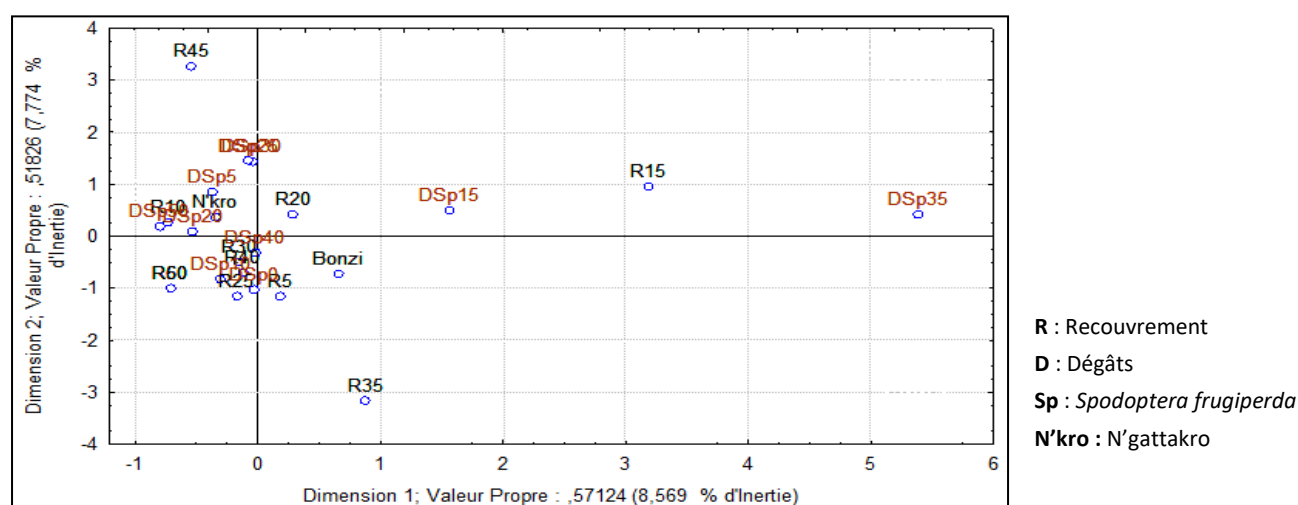


Fig. 5. Répartition des dégâts de la chenille légionnaire d'automne, *Spodoptera frugiperda*, dans les champs de maïs en fonction du taux d'enherbement

***Rhopalosiphum maidis*:** en dessous de 40 % d'enherbement, les taux de dégâts des pucerons dans les champs de maïs ont été nuls. Par contre, à 50 % de recouvrement des adventices, les dégâts de *R. maidis* ont été maximaux et de l'ordre de 20 %, puis ont régressé à 5 % pour 60 % d'enherbement (Figure 6). Les pucerons ont été plus agressifs dans les parcelles de maïs enherbées à moitié. Les niveaux d'infestation et d'enherbement entre les deux localités n'ont pu être ségrégués efficacement.

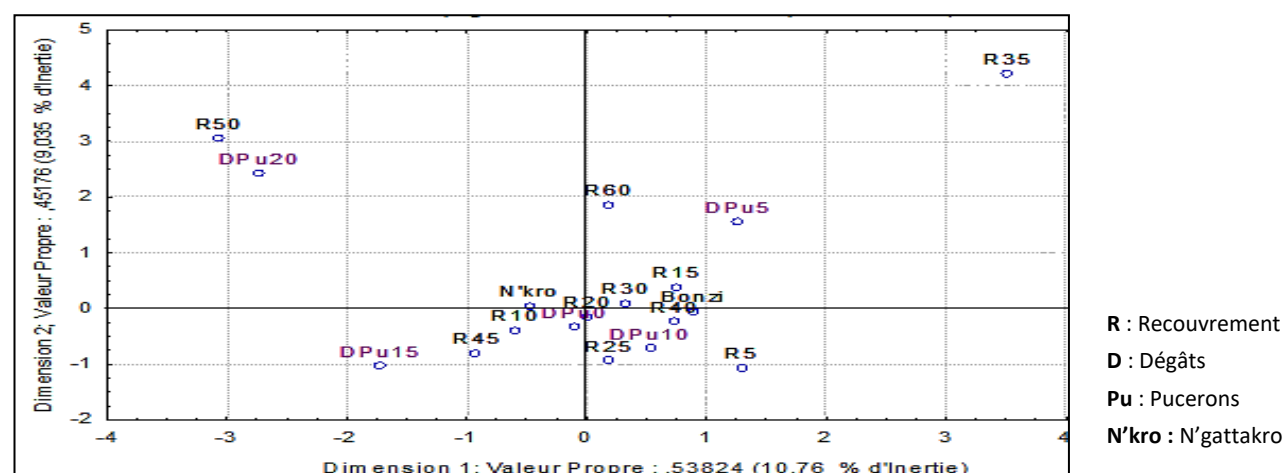


Fig. 6. Répartition des dégâts des pucerons, *Rhopalosiphum maidis*, dans les champs de maïs en fonction du taux d'enherbement

Spectre des insectes ravageurs: dans l'ensemble, les taux de dégâts dus aux insectes sur la culture du maïs ont été fonction du degré d'enherbement des champs. De même, les niveaux de dégâts ont été différents selon les insectes pour un taux d'enherbement donné, mais ont été pratiquement proches d'une localité à l'autre. *S. frugiperda* a été plus dommageable dans les parcelles de culture de maïs des deux localités. À 45 % d'enherbement, les dégâts de celui-ci ont été masqués par ceux de *S. derogata* et *R. maidis* qui ont été de l'ordre de 20 et 15 %, respectivement (Figure 7).

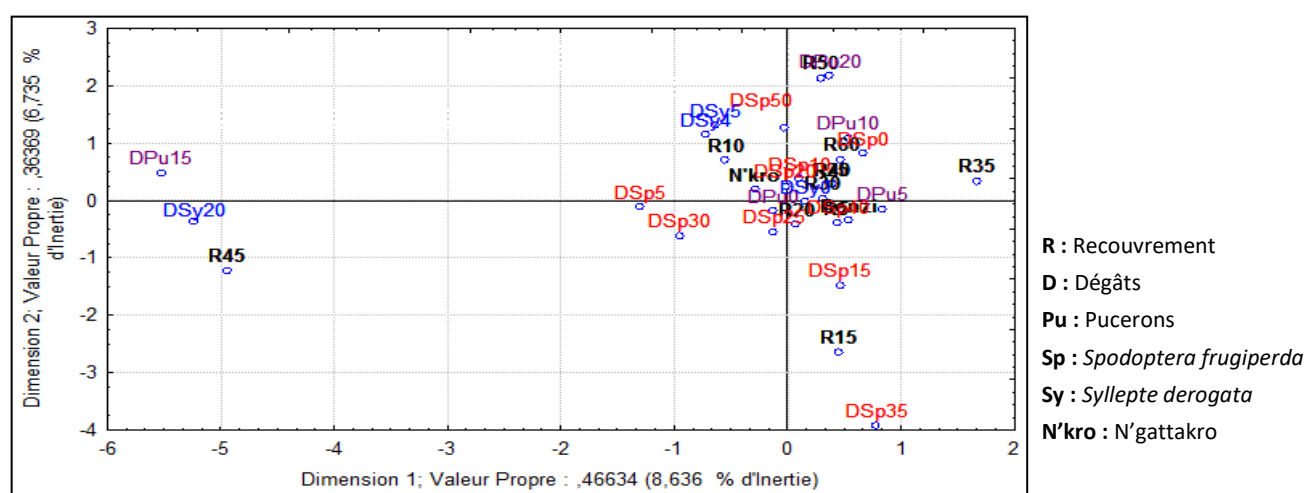


Fig. 7. Répartition des dégâts de l'ensemble des insectes majeurs observés dans les parcelles de culture du maïs en fonction de leurs niveaux d'enherbement

4 DISCUSSION

La flore adventice des parcelles de maïs a été composée de 55 espèces réparties en 49 genres et 22 familles. Cette flore est moins diversifiée que celles relevées dans d'autres travaux effectués en maïsiculture au Sénégal dans le sud du bassin arachidier [30] et en Côte d'Ivoire dans la région du Haut Sassandra [31]. Ces auteurs ont rapporté plus de 100 espèces réparties dans 65 à 80 genres et 25 à 27 familles. Cette différence pourrait être le fait du nombre plus important de relevés (194 et 291) effectués par ces auteurs. De même, contrairement à notre étude, leurs inventaires ont été faits simultanément dans des champs d'expérimentation et dans des exploitations paysannes avec des pratiques culturales variées sur des sols sableux. Par ailleurs, la composition floristique a été dominée par les Poaceae, les Fabaceae, les Asteraceae et dans une moindre mesure par les Euphorbiaceae. Ces taxons ont été également rapportés dans plusieurs travaux réalisés aussi bien en culture de maïs que sur d'autres céréales [30], [32], [33]. Ils font partie des 10 familles incluant le plus d'espèces considérées

comme mauvaises herbes dans les systèmes de culture à travers le monde [34]. En effet, il s'agirait de familles à espèces nombreuses. Les Dicotylédones ont constitué plus de 2/3 des espèces inventoriées conformément aux résultats des travaux de [35], [36]. Les mauvaises herbes, à la fois fréquentes, abondantes et dominantes dans les champs de maïs ont été *Panicum maximum*, *Phyllanthus amarus*, *Euphorbia heterophylla*, *Spigelia anthelmia*, *Mariscus cylindrostachyus*, *Commelina benghalensis* et *Sida acuta*. Celles-ci sont ainsi les plus nuisibles à la culture du maïs dans la zone expérimentale. Les nuisibilités de ces espèces de mauvaises herbes ont déjà été révélées en culture de maïs par plusieurs auteurs dont ceux des références [31], [37], [38]. Il s'agirait de végétaux s'adaptant à divers milieux et possédant un grand pouvoir de reproduction, de dissémination et une croissance rapide.

L'étude a révélé que *S. frugiperda* est l'insecte le plus dommageable en culture de maïs. En effet, la chenille de ce Lépidoptère s'est attaquée sévèrement aux feuilles, infrutescences et épis. Ce constat qui a été déjà souligné en Afrique occidentale et centrale par les travaux de [39], [40] confirmerait la grande voracité de la chenille légionnaire pour le maïs et s'expliquerait par la nature de cet insecte à vite se reproduire et sa facilité d'adaptation aux conditions culturales de cette spéculation [41]. Les résultats ont aussi montré que les dégâts varient d'un taux d'enherbement à un autre pour un ravageur donné et vice versa. Toutefois, ceux-ci ont été accentués avec la progression du recouvrement des adventices dans les parcelles. Ces observations mettent en relief, de façon implicite, un lien direct entre les attaques des insectes ravageurs et le degré d'enherbement des champs de maïs. L'existence d'une relation entre les adventices et la prolifération des insectes a aussi été soulignée par [41] même si, cet auteur a présenté un lien complexe et imprévisible. *R. maidis* a été uniquement agressif pour les parcelles à moitié enherbées. Transportés par les courants d'air, les pucerons envahissent le cornet et se développent sur la panicule. Les dégâts occasionnés sont moindres et fonctions de la durée de présence et de la quantité de pucerons sur la plante, du stade de développement et de la sensibilité de cette dernière. Les pucerons peuvent également causer des dégâts indirects en transmettant des viroses à l'origine d'importantes pertes de récoltes [42]. Il a été aussi observé que lorsqu'environ la moitié du champ est enherbée, les dégâts de *S. frugiperda* et *S. derogata* sur les plantes de maïs sont à un taux plus élevé alors qu'au-delà, ceux-ci semblent baisser. Selon [41], l'enherbement peut affecter, à un certain degré, la localisation (visuelle, chimique, odorat) des plantes hôtes par les insectes ravageurs et atténuer leurs dégâts dans les champs. L'effet contraire pourrait également survenir. Les analyses ont également montré, à quelques exceptions près, une relation de cohabitation entre *S. frugiperda*, *S. derogata* et *R. maidis* en raison de leurs dégâts à des proportions variables simultanément sur les plantes de maïs, quel que soit le taux d'enherbement des parcelles. En effet, [43] ont observé une telle situation entre le foreur de tiges et la chenille légionnaire après l'invasion de cette dernière en culture de maïs au Kenya. Ce constat serait le fait de la présence dans les champs de maïs d'une large gamme de plantes hôtes alternatives associées sans doute à chaque ravageur comme l'ont mis en évidence les travaux de [44]. Par ailleurs, l'absence de différence de pression parasitaire et de taux de recouvrement des adventices entre les sites de N'gattakro et Bonzi pourrait s'expliquer par la contiguïté géographique de ces deux localités, avec sans doute les mêmes pratiques agricoles, une végétation similaire et le même cortège d'insectes ravageurs [33].

5 CONCLUSION

Au terme de cette étude conduite à N'gattakro et Bonzi en vue d'apprécier la relation entre le niveau d'enherbement et les dégâts des insectes ravageurs dans les parcelles de culture du maïs, il ressort que: *Panicum maximum*, *Phyllanthus amarus*, *Sida acuta*, *Euphorbia heterophylla*, *Spigelia anthelmia*, *Commelina benghalensis* et *Mariscus cylindrostachyus* sont les adventices fréquentes, abondantes et dominantes dans les champs de maïs de la région de Yamoussoukro. Les dégâts observés sur les organes végétatifs des plants de maïs ont été essentiellement dus à la chenille légionnaire d'automne *S. frugiperda*, puis au ravageur phyllophage *S. derogata* et au puceron *R. maidis*. Les taux de dégâts de ceux-ci sont variables d'une espèce à l'autre et relativement liés au niveau de recouvrement des adventices dans les champs.

REFERENCES

- [1] J. E. Iken and N. A. Amusa, Maize research and production in Nigeria, African Journal of Biotechnology, vol. 3, no 6, pp. 302–307, 2004.
- [2] A. A. Abdulraham and O. M. Kolawole, Traditional preparation and uses of maize in Nigeria, Ethnobotany Leaflets, vol. 10, pp. 291–227, 2006.
- [3] FAOSTAT, Document national de prospective de la Côte d'Ivoire, 2019. [Online] Available: <https://www.fao.org/faostat/fr/#data/QCL> (8 Octobre 2021).
- [4] B. Diallo, N. Dembélé et J. M. S. U. Staatz, Compétitivité du maïs local en Afrique de l'Ouest depuis la hausse des prix alimentaires mondiaux. Programme de Renforcement et de Recherche sur la Sécurité Alimentaire en Afrique de l'Ouest (Presao), Résultats de recherche N° 2- 2012- 5 Mai 2012. pp. 13, 2012.
- [5] R. P. Ellis, M. P. Cochrane, M. F. B. Dale, C. M. Duffus, A. Lynn, I. M. Morris, I. D. M. Prentice, J. S. Swanston and S. A. Tiller, Starch production and Industrial use, Science of Food and Agriculture, vol. 77, no 3, pp. 289–311, 1998.
- [6] V. Acharya and B. R. Young, A review of the potential of bioethanol in New Zealand, Bulletin of Science, Technology & Society, vol. 28, pp. 143, 2008.
- [7] P. Ranum, J. P. Pena-Rosa and M. N. Garcia-Casal, Global maize production, utilization and consumption, Annals of the New York Academy of Science, vol. 1312, pp. 105–112, 2014.

- [8] R. Day, P. Abrahams, M. Bateman, T. Beale, V. Clotley, M. Cock, Y. Colmenarez, N. Corniani, R. Early, J. Godwin, J. Gomez, P. G. Moreno, S. T. Murphy, B. Oppong-Mensah, N. Phiri, C. Pratt, S. Silvestri and A. Witt, Fall Armyworm: Impacts and Implications for Africa, *Outlooks Pest Management*, vol. 28, no 5, pp. 196–201, 2017. DOI: https://doi.org/10.1564/v28_oct_02.
- [9] P. A. Sanchez, K. D. Shepherd, M. J. Soule, F. M. Place, R. J. Buresh, A. M. N. Izac, A. U. Mokwunye, F. R. Kwesiga, C. G. Ndiritu and P. L. Woormer, Replenishment Soil fertility in Africa: an investment in natural resource capital, In: R. J. Buresh, P. A. Sanchez and F. Calhoun, (Eds.) *Replenishing soil fertility in Africa*. 1–46, Special Publication no. 51, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, 1997.
- [10] T. Le Bourgeois, P. Marnotte, Modifier les itinéraires techniques: La lutte contre les mauvaises herbes, In Cirad-Gret-MAE [ed.], *Mémento de l'agronome*, Montpellier, France, pp. 663-684, 2002.
- [11] O. O. Odeyemi, B. O. Lawal, O. F. Owolade, J. O. Olosoji, O. A. Egbetokun, Q. O. Oloyede-Kamiyo, T. Omodele and F. B. Anjorin, Fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: noctuidae): Threat to maize production in Nigeria, *Nigerian Agricultural Journal*, vol. 51, no 1, pp. 101–108, 2020. [Online] Available: <http://www.ajol.info/index.php/naj>.
- [12] M. Delos, N. Eychenne, V. Croin et L. Cariou, Analyse des interactions entre la flore adventice des parcelles cultivées et les autres bioagresseurs de la culture. AFPP. 20e conférence du Columa. Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes, Dijon, France, 11-12 décembre, pp. 7, 2007.
- [13] K. Traoré, F. Sorho, D. D. Dramane et M. Sylla, Adventices hôtes alternatifs de virus en culture de Solanaceae en Côte d'Ivoire, *Agronomie Africaine*, vol. 25, no 3, pp. 231-237, 2013.
- [14] M. Hudon, J. Arnason, B. Philogène, N. Donskov, C. McDougall, G. Fortier, P. Morand, D. Gardner, J. Lambert, C. Morris et C. Nozzolillo, Propriétés anti-appétantes et insecticides de l'azadirachtine (*Azadirachta indica*) contre la pyrale du maïs, *Ostrinia nubilalis*, 1985, [En ligne] Disponible: <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1985.tb03494.x>.
- [15] E. Adipala, J. Karungi, S. Kyamanywa, M. Ogenga-Latigo, N. Oyobo et L. Jacka, Lutte antiparasitaire chez le niébé. Partie 2. Intégration du temps de plantation, de la densité des plantes et de l'application d'insecticide pour la gestion des insectes ravageurs des champs de niébé dans l'est de l'Ouganda, *Protection des cultures*, Elsevier, pp. 237-245, 2000.
- [16] K. F. Kouamé, 2014. Contraintes liées à la production rizicole: étude de la flore et de la végétation adventices de la riziculture dans la région du Bélier (Centre de la Côte d'Ivoire), Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 137 pp.
- [17] A. Ekou et D. Djidji, Etude morphopédologique de la région de Dimbokro: feuille Dimbokro 1 ; 1/100000e, 1998.
- [18] A. Yao-Kouamé et K. Allou, Propriétés du sol et domestication de *Lippia multiflora* [Verbenaceae] en Côte d'Ivoire, *Agronomie Africaine*, vol. 20, no 1, pp. 97 -107, 2008.
- [19] H. Darby and J. Lauer, Plant Physiology, Critical Stages in the Life of a Corn Plant, 2000. [Online] Available: <https://corn.agronomy.wisc.edu/Management/pdfs/CriticalStages.pdf>.
- [20] P. Silvie, Les parasitoïdes de *Syllepte derogata* [Fabricius, 1775], [Lep. Cramb.]. *Journal of African Zoology*, vol. 107, pp. 363-372. 1993.
- [21] W. L. Gonzáles, E. Gianoli and H. M. Niemeyer, Plant quality vs. risk of parasitism: within-plant distribution and performance of the corn leaf aphid, *Rhopalosiphum maidis*, *Agricultural and Forest Entomology*, vol. 3, pp. 29–33, 2001.
- [22] T. Le Bourgeois, G. Le Breton, N. Grillet et F. Chiroleu, Caractérisation des enherbements en culture de canne à sucre à la Réunion, 19ème conférence internationale du Columa, Dijon, France, AFPP, pp. 8, 2004.
- [23] J. Maillet, Evolution de la flore adventice dans le Montpellierais sous la pression des techniques culturales, Thèse DDI, USTL, Montpellier, pp. 200 + annexes, 1981.
- [24] K. Noba, La flore adventice dans le sud du Bassin arachidier [Sénégal]: Structure, dynamique et Impact sur la production du mil et de l'arachide, Thèse de Doctorat d'Etat, UCAD/FST, pp. 137, 2002.
- [25] K. Noba, A. T. Ba, J.-P. Caussanel, M. S. Mbaye et G. Barralis, Flore adventice des cultures vivrières dans le sud du Bassin arachidier [Sénégal], *Webbia*, vol. 59, no 2, pp. 293-308, 2004.
- [26] L. Aké-Assi, Flore de la Côte d'Ivoire: catalogue systématique, biogéographie et écologie, vol 1, Mémoire de Botanique systématique, Edition des conservatoires et Jardin Botanique de Genève, Boissiera vol. 57, pp. 396, 2001.
- [27] L. Aké-Assi, Flore de la Côte d'Ivoire: catalogue systématique, biogéographie et écologie, vol. 2, Mémoire de Botanique systématique, Edition des conservatoires et Jardin Botanique de Genève, Boissiera vol. 58, pp. 441, 2002.
- [28] Ph. Daget et J. Poissonet, Analyse phytologique des prairies. CNRS-CEPE, Application agronomique Docum., pp. 48-67, 1969.
- [29] P. Marnotte, C. Chabrier, R. Achard et A. Horellou, Méthode d'étude en plein champ de l'efficacité pratique des herbicides destinés à lutter contre les adventices des bananiers, Méthode n° 195. ANPP, Paris, France, pp. 19, 1998.
- [30] C. Bassene, M. S. Mbaye, A. Kane, S. Diangar et K. Noba, 2012. Flore adventice du maïs (*Zea mays* L.) dans le sud du Bassin arachidier (Sénégal): structure et nuisibilité des espèces. *Journal of Applied Biosciences*, vol. 59, pp. 4307-4320.
- [31] A. Konan, M. Sylla, A. Touré et D. Soro, Diversité floristique et adventices majeures de la culture du maïs dans la région du Haut-Sassandra, dans le centre-ouest de la Côte d'Ivoire, *International Journal of Innovation and Scientific Research*, vol. 53, no 2, pp. 116-122, 2021.
- [32] K. F. Kouamé, I. J. Ipou, A. Touré and E. N'guessan, Major weeds of rice agroecosystems in Côte d'Ivoire, *Agriculture and Biology Journal of North America*, vol. 2, no 9, pp. 1317–1325, 2011. [Online] Available: <http://dx.doi.org/10.5251/abjna.2011.2.9.1317.1325>.
- [33] N. K. M. Boraud, K. F. Kouamé et D. Kla, Impact des pratiques de gestion des adventices sur le rendement du riz au centre de la Côte d'Ivoire, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol 9, no 3, pp. 1220-1228, 2015.
- [34] I. U. Akobundu, *Weed Sciences in tropics. Principles and practices*. Wiley, Chichester, UK, pp. 522, 1987.

- [35] A. Mangara, A. A. N'Da Adopo, M. K. N. Boraud, K. Kobenan, J. Lejoly et D. Traoré, Inventaire de la flore adventice en culture d'ananas (*Ananas comosus* L. MERR.) dans la localité de Bonoua en basse Côte d'Ivoire. *Agronomie africaine*, vol. 20, no 1, pp: 23–35, 2008.
- [36] B. Faye, C. Bassene, A. A. Camara, A. Ngom, M. S. Mbaye et K. Noba, Flore et végétation de la Réserve Spéciale de Faune de Gueumbeul (Sénégal). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 12, no 1, pp. 43-61 2018.
- [37] H. Traoré et J. Maillet, Mauvaises herbes des cultures céréalières au Burkina Faso, *Agriculture et développement*, vol. 20, pp. 47-59, 1998.
- [38] B. D. Kalia and C. M. Singh, Studies on Weed management in maize. Integrated weed management for sustainable agriculture. Proceedings of an Indian Society of weed science. International Symposium, Hisar, India, 18–20 November 1993, vol. 3, pp. 89–90, 1993.
- [39] IITA, Politique, agricole pour la gestion et l'utilisation durables des ressources naturelles en Afrique, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Bureau régional pour l'Afrique, Accra, Ghana, pp. 35-51, 2000.
- [40] A. Hama, A. Haougui, A. Basso, S. Aminou et P. Delmas, ALERTE *Spodoptera frugiperda*, une nouvelle chenille, ravageur du maïs. Réseau National des Chambres d'Agriculture du Niger, pp. 3, 2016.
- [41] L. C. John, Relationships between Insect Pests and Weeds: An Evolutionary Perspective, *Weed Science*, vol. 53, pp. 892–901, 2005.
- [42] E. Ighil., C. A. Dedryver, B. Chaubet et M. Hullé, Les pucerons des grandes cultures Cycles biologiques et activités de vol. Éditions Quæ, RD 10 78026, Versailles Cedex, pp. 20, 2011.
- [43] B. M. Sokame, H. E. Z. Tonnang, S. Subramanian, A. Y. Bruce, T. Dubois, S. Ekesi and P. A. Calatayud, A system dynamics model for pests and natural enemies interactions, *Scientific Reports*, vol. 11, no 1401, pp. 1–14, 2021. [Online] Available: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79553-y>.
- [44] D. G. Montezano, A. Specht, D. R. Sosa-Gómez, F. V. Roque-Specht, J. C. Sousa-Silva, S. V. de Paula-Moraes, J. A. Peterson and T. Hunt, "Host Plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas". *African Entomology*, vol. 26, no 2, pp. 286–300, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4001/003.026.0286>.

