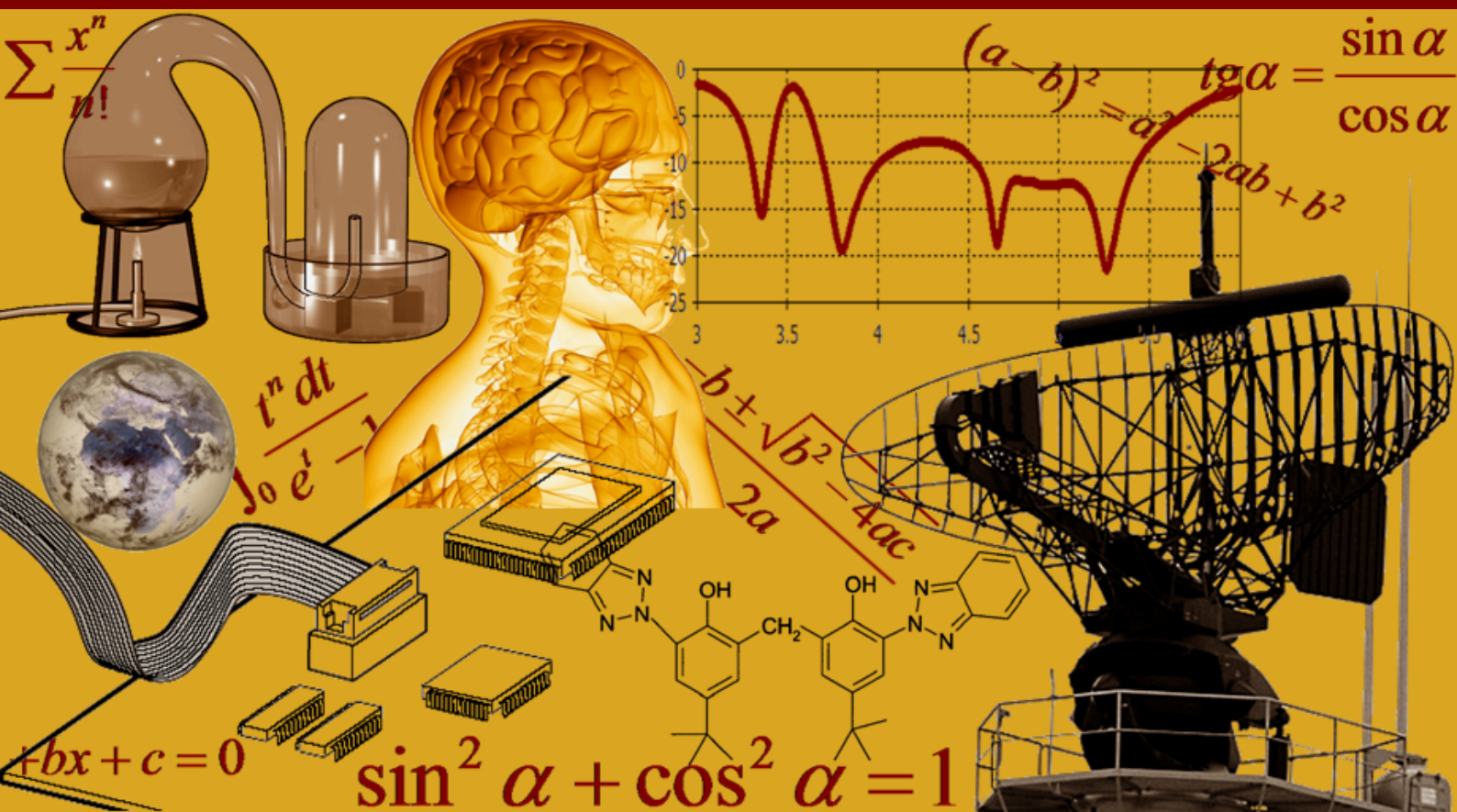


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 81 N. 2 November 2025



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Scientific Research

International Journal of Innovation and Scientific Research (ISSN: 2336-0046) is an open access, specialized, peer-reviewed, and interdisciplinary journal that focuses on research, development and application within the fields of innovation, engineering, science and technology. Published four times per year in English, French, Spanish and Arabic, it tries to give its contribution for enhancement of research studies.

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

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

Editorial Advisory Board

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

Table of Contents

Logiques différenciées des acteurs locaux et internationaux dans la gestion des forêts en République démocratique du Congo	71-83
<i><u>BELA Ngbe Jean de Dieu, MAINDO Monga Ngonga Alphonse, KADIEBWE Mulonda Richard, and BAMBU Liéna Papy</u></i>	
Forêts de la République démocratique du Congo: Une solution au problème de réchauffement climatique	84-94
<i><u>BELA Ngbe Jean de Dieu</u></i>	
Détermination de l'activité de l'enzyme hépatique gamma-glutamyl transférase (GGT) chez les consommateurs d'alcool (AGENE) dans la zone de santé de Gemena, période 2024–2025	95-102
<i><u>Richard DEGULIGO TANAKULA, Daniel Matili Widobana, Ratisbonne KUMUGO NGEMENA, and Gérard ELOKO EA MATANGELO</u></i>	
Évaluation de l'efficacité des producteurs de tomates dans le Département de Lac Wey, Tchad: Implications pour une stratégie de développement agricole durable	103-112
<i><u>Mahamat Mallah Choukou and Gauthier Biqou</u></i>	
Comparative analysis of machine learning and deep learning approaches for predicting student dropout in higher education	113-119
<i><u>Achi Harrison Thiziers and Moussa KONE</u></i>	
Contamination métallique des environnements d'exploitation artisanale de l'or: Cas du département de Bangolo (Ouest, Côte d'Ivoire)	120-130
<i><u>Yao Kouadio Assemien François, Ouédraogo Moussa, Ouattara Ismaïla, COULIBALY Lérévaha, Kouadio Kolatrin Elie, Ouattara Pétémanagnan Jean-Marie, and Yao Koffi Blaise</u></i>	
Effects of «Bougarabou» Traditional Diola Dance on Cardiovascular Variables in Senegalese Women Aged 22–28 Years	131-138
<i><u>Mountaga Diop, Ndiack Thiaw, Ndarao Mbengue, Mame Ngoné Bèye, Papa Serigne Diène, Daouda Diouf, El Hadji Mamouthiam Diop, Thierno Diouf, Amadou Diouf, Sékou Mané, Abdoulaye BA, and Abdoulaye Samb</u></i>	

Logiques différenciées des acteurs locaux et internationaux dans la gestion des forêts en République démocratique du Congo

[Differentiated logics of local and international actors in forest management in the Democratic Republic of Congo]

BELA Ngbe Jean De Dieu¹, MAINDO Monga Ngonga Alphonse², KADIEBWE Mulonda Richard³, and BAMBU Liena Papy⁴

¹BELA Ngbe Jean de Dieu est Assistant à l'Université du Bas Uélé, RD Congo

²MAINDO Monga Ngonga Alphonse est Professeur Ordinaire à l'Université de Kisangani, RD Congo

³KADIEBWE Mulonda Richard est Professeur à l'Université de Kisangani, RD Congo

⁴BAMBU Liena Papy est Professeur à l'Université de Kisangani, RD Congo

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

ABSTRACT: Why do local issues struggle to tie in with the global forest management agenda in the DRC? This is the question that motivated this study. To find out, we collected data from 98 agents of public and private organizations working on environmental issues in the DRC, specifically in Kinshasa, Kisangani and Yangambi. From the data collected, we found that there is a conflict between the actors involved in forest management in the DRC, namely NGOs and other associations, the Congolese government through its ministries and local communities. The root of the conflict lies in the divergence of logics between the players and the failure to respect commitments. Also, the threats to the Congolese forest come from slash-and-burn agriculture, timber exploitation, climate change and mining. In view of these results, it is clear that the logics, interests and ideologies of the players do not coincide, with each player defending its own interests or ideologies. Added to this is poor governance on the part of the State, and the failure of stakeholders to comply with specifications. As a result, forest management under study can evolve in a context of conflict.

KEYWORDS: conflict, forest, countries solution, DR Congo, global warming.

RESUME: Pourquoi les enjeux locaux peinent-ils à s'arrimer à l'agenda global en matière de gestion des forêts de la RDC ? Telle est la question qui a motivé cette étude. Pour y parvenir, nous avons collecté les données auprès de 98 agents des organisations publiques et privées qui travaillent sur des thématiques environnementales en RDC, précisément à Kinshasa, à Kisangani et à Yangambi. Des données collectées, nous avons trouvé qu'il existe un conflit entre les acteurs impliqués dans la gestion de la forêt de la RD Congo, il s'agit des ONG et autres associations, le gouvernement congolais au travers ses ministères et les communautés locales. Les bases du conflit sont dans la divergence de logiques entre les acteurs dans le non-respect des engagements. Aussi, les menaces à la forêt congolaise proviennent de l'agriculture itinérante sur brûlis, l'exploitation du bois, les changements climatiques, et l'exploitation minière. Au regard de ces résultats, il est clair que les logiques, les intérêts et les idéologies des acteurs ne se concordent pas, chaque acteur défendant ses intérêts ou idéologies. A cela, il faut ajouter la mauvaise gouvernance de l'Etat et le non-respect des cahiers de charge par les parties prenantes. Ce qui fait qu'on puisse évoluer dans un cadre de conflictualité dans la gestion des forêts sous étude.

MOTS-CLEFS: conflit, forêt, pays solution, RD Congo, réchauffement climatique.

1 INTRODUCTION

La planète terre vit ce dernier temps une crise écologique qui ne cache plus ses marques: la déforestation, le réchauffement climatique, la pollution des mers et des océans, la disparition progressive des espèces animales et végétales, la destruction continue de

leur habitat sont les principales manifestations. En effet, les avancées technologiques spectaculaires s'accompagnent de grandes menaces de dégénérescence de la vie sur terre. Cette situation a amené depuis maintenant plusieurs décennies les décideurs politiques, les scientifiques et autres acteurs d'envisager un développement qui s'inscrive dans la protection de l'environnement¹.

Plusieurs conférences internationales se sont tenues à cet effet et la question fondamentale reste celle de savoir comment concrétiser et accompagner depuis Stockholm (1972), l'idée d'écodéveloppement devenue développement durable à Rio (1992) puis à Johannesburg (2002).

Le 13^e Objectif de développement durable (ODD), celui des « Mesures relatives à la lutte contre les changements climatiques », veut que chaque pays puisse prendre des mesures urgentes afin de lutter contre les changements climatiques et leurs répercussions, notamment l'utilisation des forêts qui n'affecte pas négativement ses principales fonctions en matière des services environnementaux et/ou écosystémiques. C'est dans ce sens, en effet, que la préservation des forêts devienne une nécessité, car jouant un rôle très important dans l'équilibre climatique mondial. Cette nécessité fera naître le 15^e ODD, celui de la « vie terrestre », qui vise à préserver et restaurer les écosystèmes terrestres, en veillant à les exploiter de façon durable, à gérer durablement les forêts, à lutter contre la désertification, à enrayer et inverser le processus de dégradation des terres et à mettre fin à l'appauvrissement de la biodiversité. Par ailleurs, ces ODD sont suivis par le 17^e ODD relatif au renforcement du partenariat mondial pour la réalisation desdits objectifs.

Ce partenariat mondial est justifié par le fait qu'aucun pays au monde, moins encore ceux à économie moins efficace et peu organisée ne peut être épargné des effets directs et indirects du changement climatique, la RDC y compris.

La présente étude part de deux constats: le premier est que la République Démocratique du Congo abrite le deuxième massif forestier du monde, lequel constitue un de deux grands poumons de stabilisation du climat mondial. Ce qui fait que la communauté internationale considère les forêts de la RDC comme un bien précieux à préserver, exigeant ainsi des mécanismes internationaux de protection contre la déforestation et la dégradation desdites forêts. Actuellement, le gouvernement congolais qualifie même la RDC de « pays-solution » au problème de changement climatique mondial, car ses forêts jouent un rôle très important dans l'atténuation du réchauffement climatique grâce à leur capacité de séquestration de carbone.

Le deuxième constat est que pour la grande majorité de la population congolaise qui dépend directement des forêts, ces forêts congolaises constituent sa propriété exclusive léguée par ses ancêtres, qu'elle ne peut les partager avec quiconque et peut les utiliser comme bon le semble. Et surtout que l'exploitation desdites forêts reste la principale source de revenus de la population, état de chose qui ne peut construire un état d'esprit nécessairement au bénéfice de l'utilisation durable des forêts.

Cependant, il persiste donc un écart de vision et de paradigme à l'international et localement; lequel écart exprime le problème général de contraste entre les deux perceptions: d'une part, le regard international (global) qui prône la préservation des forêts et d'autre part, les enjeux locaux dominés par les besoins de survie de la population riveraine qui est habituée à exploiter à sa guise ces forêts, les dégradent en faisant fi du changement climatique. Ce problème général conduit à deux problèmes secondaires persistants et permanents liés respectivement à la façon des acteurs de deux niveaux d'aborder la gestion de ces forêts et aux défis à relever afin de dégager un consensus entre les enjeux globaux et les besoins locaux. Du problème général découle la question principale suivante: Pourquoi les enjeux locaux peinent-ils à s'arrimer à l'agenda global en matière de gestion des forêts de la RDC ?

Le premier problème secondaire suscite la question secondaire ci-après: En quoi les intérêts et agendas locaux et internationaux en matière de gestion des forêts divergent-ils ? Et le deuxième problème secondaire renvoie à la question: Comment les acteurs locaux et internationaux interagissent-ils pour concilier leurs intérêts et agendas en matière de gestion des forêts ?

2 ETAT DE LA QUESTION BIBLIOGRAPHIQUE

Plusieurs auteurs ont mené leurs recherches sur les forêts et les changements climatiques. Pour analyser leurs écrits, les études concernées seront classées en trois catégories: 1) La première regroupera les auteurs qui soutiennent et défendent que les forêts appartiennent à l'Etat et à sa population qui disposeraient pour satisfaire leurs besoins que nous qualifions de souverainisme nationaliste ou approches stato-centrées. 2) La deuxième s'occupera des auteurs qui soutiennent que la forêt égale patrimoine mondial de l'humanité dont les Etats détenteurs seraient des gardiens que nous qualifions leurs études d'universalisme ou approches cosmopolites. 3) Et la troisième reposera sur la conciliation des deux approches ci-haut évoquées. Elle visera à tenir compte à la fois de l'intérêt local (donc national) et de l'intérêt global que nous qualifions la globalisation.

a) Le souverainisme nationaliste ou approches stato-centrées

¹ Segihobe Bigira J., P. *Partenariat pour les forêts du bassin du Congo et développement durable : Le droit à l'épreuve des enjeux*, l'Harmattan, Paris, 2012

Pour les tenants de cette approche, chaque forêt appartient à un État, et cela ne peut en aucun cas être un problème international mais bien un problème d'ordre national. La dimension abordée par eux se limite au sein de l'État (Michelot², Mohsni Wiem³, Lacarrière⁴, Delmas-Marty⁵).

Pour les tenants de cette approche, la question environnementale est une question qui concerne uniquement les États. Ces auteurs ont oublié le fait qu'on ne peut considérer le problème climatique que sur le plan national parce que les actions des uns ont aussi une répercussion sur les autres, une répercussion qui peut être positive comme négative. Nous n'ignorons pas qu'il faudrait avoir une politique nationale environnementale en harmonie avec la politique internationale, bien qu'uniquement celle-ci serait probablement beaucoup trop compliquée à mettre en œuvre et qu'elle n'arriverait probablement pas à prendre en compte, de façon efficace, les individualités. Il sera alors question ici de prendre non seulement en compte le caractère national des problèmes climatiques mais aussi le caractère international de ces derniers si on veut trouver ne serait-ce qu'un début de solution efficace.

En effet, dans cette logique, nous remarquons que les théories nationalistes n'apportent pas de solutions satisfaisantes au problème climatique.

b) L'universalisme ou approches cosmopolites

Les tenants de cette approche soutiennent l'idée de la distribution juste de la forêt et du climat en tant que biens communs de l'humanité car le réchauffement climatique n'a pas de frontière (Gemenne⁶, Mukengere⁷, Chauvier⁸, le Prestre⁹).

La pertinence de travaux susmentionnés se vérifie empiriquement. Néanmoins selon l'approche cosmopolite, tous les auteurs n'ont pas logé à la même enseigne en ce qui concerne les questions de changements climatiques. La configuration actuelle est telle que certaines populations sont beaucoup plus victimes que d'autres du réchauffement climatique. De plus, la question de la responsabilité est aussi totalement mise de côté; or les théories cosmopolites sont orientées autour de la distribution juste de l'environnement et du climat en tant que biens communs.

Toutefois, on constate qu'il y a un angle mort particulièrement important en ce qui concerne les questions de charges et de responsabilités. Surtout en sachant que certains pays occidentaux comme les États-Unis et les pays d'Europe sont historiquement considérés « responsables » pour une grande partie du réchauffement climatique actuel et qu'aujourd'hui on assiste à un changement important puisque les pays non occidentaux comme la Chine et l'Inde font désormais partie des plus gros pollueurs.

c) La Glocalisation

L'idée dans cette troisième thématique repose sur la conciliation des deux approches ci-haut évoqué. Elles visent à tenir compte à la fois de l'intérêt local et de l'intérêt global. Nous y avons rangé certains travaux (Lohayo¹⁰, Locatelli¹¹, Segihobe¹², Oumba¹³).

Pour les tenants de cette troisième théorie, l'État reste omniprésent dans le processus de changement d'échelle de l'action publique forestière. Cependant, cette présence ne réduit pas pour autant les dynamiques observées dans le processus de redéploiement de l'État

² Michelot A., Protection internationale du climat et souveraineté étatique, <https://doi.org/10.4000/Vertigo.19685>, vol.18, n°1, 2023

³ Mohsni W., *La spécificité du Droit international de l'environnement dans son rapport avec la souveraineté étatique*, Mémoire de spécialisation en Droit, Université de Montréal, 2020

⁴ Lacarrière S., *Géopolitique du changement climatique*, éd. François Gemenne, Armand colin, Paris, 2009, p. 256

⁵ Delmas-Marty, M., *Les forces imaginantes du droit. Le relatif et l'universel*, préc., p. 88-89.

⁶ Gemenne, F., *géopolitique du climat*, éd Armand Colin, Paris, 2021, p. 11

⁷ Mukengere N., M., *la RDC et la lutte contre le réchauffement climatique*, éd. Harmattan, Paris, 2021, p. 36-40.

⁸ Chauvier, S., *Cosmopolitisme et acrasie collective*, éd. Montréal, Presses de l'Université de Montréal, 2010, p. 37-38.

⁹ Le Prestre P., *Protection de l'environnement et relations internationales. Les défis de l'écopolitique mondiale*, Armand-Colin, 2005, p.97-98

¹⁰ <https://fr.slideshare.net/cifor/Lohavo>, H., *est ce qu'il y a changement après la cop 27*, consulté à Kisangani, le 26 novembre 2023

¹¹ Locatelli, B., *Lutte contre le changement climatique. Local, global : intégrer atténuation et adaptation*, éd. Perspective, Paris, 2010, p.4

¹² Segihobe Bigira, J.-P., *le Partenariat pour les forêts du Bassin du Congo entre non-droit et droit. Contribution l'étude de la responsabilité des acteurs*, Thèse de Doctorat en Droit, Université de Gand (Belgique), 2009. Disponible en ligne sur www.dhdi.free.fr/recherches/gouvernance/memoires/segihobetheseresume.pdf consulté à Kisangani, le 08 Juin à 17h16'

¹³ Parfait Oumba, F., *Développement durable et gestion des forêts du bassin du Congo : étude comparative des politiques forestières du Cameroun et de la République du Congo*, Master en Droit international et comparé de l'environnement, Université de Limoges, 2007, p.78, in <https://www.memoireonline.com/01/08/882/developpement-durable-gestion-forets-bassin-congo-etude-cameroun-rdc.html> consulté à Kisangani, le 08 Juin à 19h25'

sur de nouvelles échelles. En effet, le rôle joué par les acteurs locaux a également son importance dans la mesure où il donne lieu à des configurations variées selon les régions.

Plusieurs études menées par nos devanciers présentent des différences assez marquées en ce qui concerne le degré d'implication des acteurs territoriaux ainsi que les modalités de collaboration et d'action publique, ils illustrent tous l'importance du travail des acteurs du territoire dans le changement d'échelle d'action publique. La présente étude repose sur le prolongement du débat existant, avec des enrichissements nouveaux, essentiellement sur le contraste entre l'agenda global et les enjeux locaux sur la gestion de forêts en RDC. A ce titre, elle tente à concilier la divergence des logiques et idéologies des acteurs internationaux et locaux en matière de gestion des forêts et de changement climatique en RDC.

3 MÉTHODOLOGIE SUIVIE

La collecte des données s'est faite chez les agents des organisations publiques et privées qui travaillent sur des thématiques environnementales en RDC, précisément à Kinshasa, à Kisangani et à Yangambi. Ces deux derniers sites ont été retenus car ils abritent de projets qui militent à réduire les effets du réchauffement climatique.

De toutes les catégories indiquées supra, 98 personnes ont été enquêtées, réparties en enseignants-chercheurs, en agents et/ou fonctionnaires de l'Etat (membres des Cabinets politiques y compris), membres d'ONGs, d'Organismes internationaux, des Associations privées travaillant sur des thématiques environnementales, dans les trois villes choisies.

Tableau 1. Structure de l'échantillon

Catégories \ Ville	Kinshasa	Kisangani	Yangambi	Total
Enseignants-chercheurs	4	39	3	46
Agents et/ou fonctionnaires de l'Etat	3	13	-	16
Société civile	-	4	5	9
Acteurs locaux	-	27	-	27
Total	7	83	8	98

Comme annoncé précédemment, notre échantillon est composé de 98 sujets dont 26 femmes et 72 hommes répartis dans trois entités différentes et le tableau en offre les détails.

Le souci d'atteindre les objectifs assignés à ce travail nous a poussé à recourir à la méthode d'analyse stratégique de Crozier et Friedberg, laquelle a été améliorée par Otemikongo¹⁴. Ladite méthode analyse le comportement concret des acteurs concernés par le processus de changement. Ainsi, dans le cadre de cette étude, le processus du changement auquel nous voulons analyser le comportement des acteurs impliqués est la lutte contre le changement climatique en RDC. Crozier et Friedberg décrivent l'organisation comme un système politique résultant notamment du « jeu des acteurs », de leur capacité à développer des stratégies et à tirer des zones d'incertitude au sein de l'organisation. Nous considérons la RDC comme une organisation qui fonctionne à travers les différentes négociations climatiques lors des conférences de parties à la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique.

Ce protocole d'analyse stratégique d'acteurs s'articule autour de neuf lois opérationnalisées de la manière suivante:

Première opération: lister les acteurs engagés dans le processus du changement climatique, sans exception. Ces acteurs sont censés réagir de manière spécifique à l'annonce d'un changement notamment: ceux qui sont directement touchés, ceux qui ont un pouvoir de blocage, et ceux qui détiennent l'information. Les catégories d'acteurs concernés par le processus de lutte contre le changement climatique en RDC sont: (1) les pays industrialisés ou développés; (2) les pays en voie de développements dont la RDC; (3) les organisations internationales non gouvernementales et gouvernementales et (4) les peuples autochtones et riverains.

Deuxième opération: il s'agit de repérer les enjeux de pouvoir pour comprendre la dynamique, le déroulement ou encore la nature des négociations internationales climatiques.

Troisième opération: les négociations internationales climatiques sont un produit de jeux ou stratégies des acteurs. Chaque acteur développe ses propres stratégies pour atteindre ses propres objectifs.

¹⁴ Otemikongo M., *Guerre des méthodes en sciences sociales*, Du choix du paradigme épistémologique à l'évaluation des résultats, L'Harmattan, Paris, 2018, pp. 194-198.

Quatrième opération: consiste à comprendre les relations de pouvoir entre les acteurs, identifier les sources de pouvoir, les zones d'incertitudes contrôlées par les acteurs majeurs détenteurs d'enjeux.

Cinquième opération: consiste à identifier la culture des acteurs, les outils conceptuels qui leur permettent d'expliquer ou justifier leurs actions concrètes.

Sixième opération: analyse de système d'action concret, la signature de la Convention Cadre des Nations Unies pour le Changement Climatique a permis aux acteurs notamment tous les Etats membres, les Organisations Internationales non gouvernementales de se réunir chaque année après deux ans pour discuter des stratégies, d'adopter des normes et mécanismes de lutte contre le changement climatique. Et chaque Etat élabore ses lois, stratégies nationales en référant des normes et stratégies produites au niveau international. La RDC fait partie des pays membres de la CCNUCC et participe aux différentes COP.

Septième opération: consiste à dresser le bilan. Ainsi pour la RDC étant membre des pays en voie de développement, le bilan de sa politique en matière de la lutte contre le changement climatique enregistre jusque-là les risques qui sont supérieurs aux gains escomptés dans le processus du changement. Ce bilan peut être généralisé pour tous les pays de cette catégorie à savoir les pays en voie de développement.

Huitième opération: étant donné que le bilan est négatif, il est important de se questionner sur le pouvoir d'acteurs. La RDC n'exerce pas effectivement son pouvoir étant que pays solution au changement climatique notamment suite à plusieurs contraintes d'ordre diplomatique, humain, technologique, institutionnel et financier qui sont de facteurs justifiant cette inefficacité.

Neuvième opération: chercher les points faibles de l'organisation (compromis, enjeux de négociation, etc.) et mettre au point un plan d'action notamment par la proposition des corrections permettant d'initier le changement.

Nous avons fait recours à deux techniques pour collecter les données analysées dans cette étude, il s'agit de la technique documentaire et de l'entretien.

Pour traiter les données, nous avons fait usage de l'analyse de contenu, laquelle est considérée par Bardin¹⁵ comme étant « *un ensemble de techniques d'analyse des communications* ». De son côté, Barelson¹⁶ considère l'analyse de contenu comme une technique de recherche pour la description objective, systématique et quantitative du contenu manifeste (et latent) des communications, ayant pour but de les interpréter. Dans le cas d'espèce, nous avons utilisé sa variante qualitative.

Elle nous a permis d'assurer l'analyse et l'interprétation de contenu des documents écrits (les archives) et les documents non écrits (les déclarations politiques, les conversations...) ainsi qu'à ceux audiovisuels. Elle a pris aussi en charge l'interprétation des opinions avancées par les enquêtés dans les entretiens. Pour y parvenir, nous avons, préalablement, recoupé et regroupé ces données au sein d'unités d'analyse pertinentes à notre recherche, à savoir: les motivations de la demande de la RDC comme pays solution au problème du changement climatique, la contrepartie de ses forêts qui font aujourd'hui de la RDC le premier poumon mondial, les risques d'un désengagement précoce par la RDC et les voies de sortie de l'impasse environnementale.

4 RÉSULTATS

Tableau 2. Acteurs impliqués dans la lutte contre le réchauffement climatique en RDC

<i>Acteurs</i>	<i>Fréquence attendue</i>	<i>Fréquence observée</i>	<i>Pourcentage</i>
Gouvernement Congolais	98	73	74,49
Organisations Internationales	98	3	3,06
ONG (nationales et internationales)	98	75	76,53
Individus	98	5	5,10
Communautés locales	98	17	17,35
Société civile	98	15	15,31
Les pays industrialisés	98	3	3,06

¹⁵ Pour la meilleure édification, lire Shomba Kinyamba, S., *Méthodologie et épistémologie de la recherche scientifique*, Kinshasa, Presses de l'Université de Kinshasa, 2013, p.58.

¹⁶ Barelson cité par Kabudri Legi, D., *Administration publique congolaise face au changement politique pendant la première législature de la Troisième République : cas de la Province Orientale*, Thèse de doctorat en Sciences Politiques et Administratives, FSSAP, UNIKIS, septembre 2015, p.27

Pour ce qui concerne les acteurs impliqués dans la lutte contre le changement climatique, la lecture de ce tableau montre que sur un total de 98 réponses attendues, il y a 75 soit 76,53% qui reconnaissent les ONG (nationales et internationales), 75 soit 74,49% alignent le gouvernement congolais (à travers ses différents ministères), 17 soit 17,35% font allusion aux communautés locales, 15 soit 15,31% citent la société civile, 5 soit 5,10% voient les individus, 3 soit 3,06% considèrent les pays industrialisés et en fin 3 soit 3,06% pensent aux organisations internationales.

Tableau 3. De l'existence du conflit entre les acteurs impliqués

<i>Existence du conflit</i>	<i>Effectifs</i>	<i>Pourcentage</i>
Oui	86	87,76
Non	4	4,08
Abstention	8	8,16
Total	98	100

A propos du conflit pouvant exister entre les acteurs, 86 sujets soit 87,7% ont répondu « oui », 8 soit 8,2% se sont abstenus et 4 soit 4,1% ont dit « non ».

Tableau 4. Du niveau de conflit

<i>Niveau de conflit</i>	<i>Effectifs</i>	<i>Pourcentage</i>
International	89	47,85
National	50	26,88
Local	41	22,04
Abstention	6	3,23
Total	186	100

En observant les données de ce tableau, disons que sur un total de 186 réponses enregistrées, 89 soit 47,85% placent le conflit au niveau international, 50 soit 26,88% pensent que c'est plutôt au niveau national, 41 soit 22,04% le situent au niveau local et enfin il y a eu 6 soit 3,23% d'abstention.

Tableau 5. De la base du conflit entre les enjeux locaux et l'agenda global

<i>Base du conflit</i>	<i>Effectifs</i>	<i>Pourcentage</i>
Divergence de logiques entre les acteurs	63	39,4
Divergence des idéologies entre les acteurs	41	25,6
Non-respect des engagements	56	35
Total	160	100

Dans ce tableau, sur 160 réponses recueillies, 63 soit 39,4% situent la base du conflit dans la divergence de logiques entre les acteurs, 56 soit 35% la placent dans le non-respect des engagements et 41 soit 25,6% mettent l'accent sur la divergence des logiques entre les acteurs. Au regard du pourcentage obtenu par chaque réponse, nous considérons toutes les trois comme résultat.

Tableau 6. De la persistance de l'ambivalence dans la gestion des forêts en RDC

<i>Ambivalence dans la gestion des forêts en RDC</i>	<i>Effectifs</i>	<i>Pourcentage</i>
Non-respect de cahier de charges par les parties prenantes	54	42,86
Moindre bénéfice des activités de compensations chez la population locale	12	9,52
Exigences coutumières (locales)	60	47,62
Total	126	100

En ce qui concerne la justification de la persistance de l'ambivalence dans la gestion des forêts en RDC, le tableau ci-dessus aligne, sur un total de 126 réponses, les exigences coutumières locales (60 soit 47,62%), le non-respect de cahier de charges par les parties prenantes (54 soit 42,86%) et le moindre bénéfice des activités de compensations chez la population locale (12 soit 9,52%).

Tableau 7. Des menaces à la forêt congolaise

<i>Menaces à la forêt</i>	<i>Effectifs</i>	<i>Pourcentage</i>
Agriculture itinérante sur brulis	40	29,20
Exploitation du bois	32	23,36
Exploitation minière	18	13,14
Pêche	5	3,65
Conflits armés	2	1,46
Déplacements des populations	3	2,19
Pollution	3	2,19
Changements climatiques	19	13,87
Urbanisation	11	8,03
Croissance démographique	4	2,92
Total	137	100,00

Sur 137 réponses reçues de nos enquêtés dans le cadre des menaces à la forêt congolaise, l'agriculture itinérante sur brulis 40 soit (29,20%), l'exploitation du bois 32 soit (23,36%), changements climatiques 19 soit (13,87 %), puis l'exploitation des minerais 18 soit (13,14%), l'urbanisation 11 soit (8,03%), la pêche 5 soit (3,14%), de croissance démographique 4 soit (2,92%), déplacements des populations 3 soit (2,19%), la pollution 3 soit (2,19%), les conflits armés bouclent la série avec une fréquence de 2 soit (1,46%).

Tableau 8. Des obstacles à l'effort de la lutte contre le réchauffement climatique de la RDC

<i>Obstacles</i>	<i>Fréquence attendue</i>	<i>Fréquence observée</i>	<i>Pourcentage</i>
Non-respect des lois par les exploitants forestiers	98	16	16,33
L'Etat n'assume pas correctement ses fonctions régaliennes	98	64	65,31
Absence des limites claires entre habitations et aires protégées	98	9	9,18
Non-respect de promesse tenue par la communauté internationale	98	19	19,39

Les données de ce tableau alignent comme obstacles à l'effort de la RDC dans lutte contre le réchauffement climatique premièrement le fait que l'Etat n'assume pas correctement ses fonctions régaliennes (64 sujets soit 65,3%), deuxièmement le non-respect de promesse tenue par la communauté internationale (18 sujets soit 18,3%), troisièmement l'absence des limites claires entre habitations et aires protégées (7 sujets soit 7,1%) et enfin, le non-respect des lois par les exploitants forestiers (6 sujets soit 6,1%).

Tableau 9. Des stratégies de conciliation entre les enjeux locaux et internationaux en matière de lutte contre le réchauffement climatique en RDC

<i>Stratégies de conciliation</i>	<i>Fréquence attendue</i>	<i>Fréquence observée</i>	<i>Pourcentage</i>
La matérialisation des politiques envisagées	98	14	9,27
La sensibilisation à double sens	98	51	33,77
Franche coopération entre les acteurs à travers les forums de réflexion et d'échange.	98	14	9,27
Bonne gouvernance forestière en tenant compte du genre	98	9	5,96
Mettre en place des actions alternatives au profit des communautés riveraines des forêts	98	44	29,13
Respecter le cahier de charges par les partenaires ou acteurs	98	8	5,29
La concrétisation des appuis en faveur de la RDC	98	11	7,28

Sur 151 réponses recueillies en matière de stratégies de conciliation entre les enjeux locaux et internationaux, 51 soit 33,77% suggèrent la sensibilisation à double sens, 44 soit 29,13% évoquent la mise en place des actions alternatives au profit des communautés riveraines des forêts, 14 soit 9,27% mettent l'accent sur la franche coopération entre les acteurs à travers les forums de réflexion et d'échange, 14 soit 9,27% proposent la matérialisation des politiques envisagées et enfin, 9 soit 5,96% considèrent la bonne gouvernance forestière en tenant compte du genre.

5 DISCUSSION DES RÉSULTATS

Ouvrons une parenthèse pour dire que nous allons à ce niveau faire le regroupement de certains résultats qui vont dans le même sens. En prenant les résultats de tableaux 1, 2, 3, 4 et 5, il existe des acteurs dans cette question de la gestion des forêts de la RDC constitués des ONG et associations tant nationales qu'internationales, du gouvernement congolais et des communautés locales. Ces acteurs sont en conflit partant de la divergence de leurs intérêts et leurs idéologies ainsi qu'au non-respect des engagements des uns des autres.

Ces résultats nous renvoient aux idées de Crozier et Friedberg¹⁷, dans leur analyse stratégique, qui ont préféré partir de l'acteur lui-même pour aboutir au système, étant donné que l'acteur détient une liberté (bien qu'elle soit relative) qui lui procure un certain pouvoir dans le système. Une telle démarche conduit à ne voir dans l'organisation que des « systèmes concrets » en raison d'une double contingence: celle du jeu des acteurs (qui est toujours imprévisible dans son déroulement) et celle des règles du système (qui sont de loin restées figées et se modifient aux différents niveaux de l'organisation).

Ce qui fait que l'acteur en organisation est un stratège, disposant d'une certaine « zone d'autonomie », créant par la suite une « zone d'incertitude », car il a le pouvoir et peut contrôler sa participation dans le système; à telle sorte qu'il a le choix entre deux stratégies extrêmes: le retrait et l'implication. Cette liberté et autonomie vont s'exercer à travers des jeux de pouvoir au sein de l'organisation. Ladite liberté peut défaire les réglages mêmes les plus savants au sein de l'organisation.

L'organisation ne contraint jamais totalement un acteur. Celui-ci garde une marge de liberté; ce qui signifie il est une source d'incertitude tant pour ses partenaires que pour l'organisation dans son ensemble. Ainsi, selon les deux auteurs, chaque acteur dispose du pouvoir sur les autres acteurs.

De cette façon, le pouvoir devient une relation qui se négocie à telle sorte la règle ne s'applique pas directement mais elle se négocie. Ainsi, l'interaction entre les acteurs aboutit à la constitution d'un système d'action plus ou moins stable. Le système d'action concret est donc un construit social.

Les trois niveaux d'acteurs évoqués par le résultat de ce travail ont chacun de pouvoirs qui constituent en conséquence des « zones d'incertitude » des uns envers d'autres, au regard de leurs stratégies et leurs jeux qui peuvent être imprévisibles et qui peuvent défaire tous les réglages pour la bonne gestion des forêts de la RDC. Les ONG et associations tant locales, nationales qu'internationales sont aujourd'hui des acteurs importants en RDC dans l'accompagnement de la gestion de ses forêts. Ces ONG et associations sont jugées par les autres acteurs (notamment le gouvernement et les communautés locales) de jouer en faveur des étrangers (occidentaux) qui se regroupent dans ce qu'on appelle « communauté internationale » tout en bafouant les droits nationaux ou locaux. Selon les acteurs locaux, ces ONG et associations exhibent quelques petites actions de saupoudrage à la communauté locale, donnant l'impression qu'elles agissent fortement en faveur de cette dernière; lesquelles actions ne tiennent pas compte de besoins réels de la population. Elles militent à cet effet pour la conservation des forêts en exigeant aux communautés locales d'abandonner leurs activités forestières de subsistance, sans pour autant apporter les activités des alternatives nouvelles.

Les écrits de Géraldine Chatelard peuvent porter l'éclairage à ces accusations. Pour elle, les années 1990 marquent un tournant décisif dans le milieu des ONG environnementales dans les pays du Sud, entendus ici comme ceux qui sont les objets des interventions des organisations internationales de développement au sens large, incluant également le secteur de l'environnement. Les nouveaux mots d'ordre de bonne gouvernance et de délégation de pouvoir à la société civile émergent dans le champ discursif et programmatique du développement. Ces deux types de discours se greffent l'un sur l'autre dans la Convention sur la diversité biologique (CDB) adoptée au Sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992. C'est dans cette époque où les grandes organisations non gouvernementales du Nord d'envergure internationale (ONGI), agissant dans des espaces de liberté de parole et d'opinion qui les rendent aptes à influencer sur les agendas internationaux, cherchent à mobiliser les ONG des pays du Sud pour peser sur les agendas de leurs pays d'origine.

Cette mobilisation s'opère dans un double mouvement. D'une part, la plupart des ONGI offrent à certaines ONG des pays du Sud un statut consultatif ou d'associés, conférant à celles-ci une légitimité à intervenir sur la scène internationale (les grandes conférences internationales). D'autre part, les ONG du Sud se prévalent de leur présence dans les arènes internationales pour étendre leur capacité à peser sur les politiques publiques de leurs pays d'origine soit en vue de contester l'action de l'Etat, soit pour se poser comme partenaires privilégiés de l'action publique. Elles doivent se familiariser avec les nouveaux mots d'ordre du champ international de la protection environnementale; se former aux méthodes du lobbying international, aux méthodologies de la mise en œuvre de CDB dont les nouveaux modèles de partenariat entre les ONG et le secteur public pour la gestion de la biodiversité et aux stratégies d'accès aux financements internationaux. Aux ONG nationales sont donc assignés deux rôles: l'intermédiation entre les municipalités et le ministère

¹⁷ Crozier, M. et Friedberg, E., *L'acteur et le système*, éd. Seuil, Paris, 1977

de l'environnement et la formation (sous le terme de renforcement des capacités) des membres des communautés locales à la gestion environnementale. C'est dans ce cadre que les ONG peuvent recevoir des subventions internationales¹⁸.

De leur côté, les ONG et associations accusent le gouvernement et les communautés locales d'être à la base de la dégradation des forêts. D'une part, le gouvernement et ses services octroient des concessions de forêts aux particuliers pour l'exploitation sans aucune mesure de protection. D'autre part, les communautés locales, avec leurs libertés, résistent à tout système de changement de leurs habitudes et préfèrent exploiter leurs forêts (héritées de leurs ancêtres) comme bon le semble, au mépris de toute réglementation nationale; par conséquent, elles se voient ne pas être concernées par le réchauffement climatique, quand bien même que certains effets de ce dernier se font sentir dans ces communautés.

D'ailleurs, elles se considèrent comme les seuls et vrais propriétaires de ces forêts, ignorant même parfois l'existence du gouvernement congolais en cette matière. Le gouvernement se considère dans un premier temps comme le maître de tout le patrimoine national en se mettant au-dessus des communautés locales et celui qui peut décider sur les forêts de la RDC. Les communautés locales lui doivent être soumises, ce qui n'est pas toujours le cas. D'ailleurs, ces communautés l'accusent de vouloir bénéficier sur leur dos. Dans un second temps, se considérant comme « pays solution au problème de réchauffement climatique », il s'attend à une grande indemnisation ou compensation de la part de la communauté internationale pour la conservation de ses forêts. Les gouvernants de la RDC pensent à l'accroissement de leur économie, des affaires (tant publiques que privées) derrière cette question. De ce fait, il peut proférer des menaces d'utiliser ses forêts à sa guise au cas où la communauté internationale ne répondait pas à ses exigences. Ainsi, chaque acteur tire l'épingle de son côté; ils divergent dans leurs actions, leurs intérêts et leurs idéologies.

En effet, tout acteur en situation de conflit est calculateur, rationnel (bien que cette rationalité soit limitée). Les ONG et associations défendent la conservation des forêts de la RDC en vue du bien-être de toute l'humanité et mènent des actions pour cette fin, sans toutefois militer pour la mise en place des activités alternatives conséquentes qui pourront faire oublier aux communautés locales l'usage des forêts ainsi que pour satisfaire les exigences tant du gouvernement congolais que des communautés locales. Il y a donc ici, comme le disent Abanda et Ngoutane¹⁹, une thèse d'instrumentalisation de la conservation des forêts comme rente de fonds des ONG et associations. Cette thèse critique dans le chef de ce type d'acteurs le manque d'approche d'implication véritable des communautés locales dans le débat autour de leurs droits sur les forêts, la construction d'un mode de gouvernance autochtone, cette dernière apparaissant comme l'élément clé de la mise en place d'un modèle de gouvernance concertée entre toutes les parties prenantes.

Le gouvernement congolais ne voit que des bénéfices qu'il peut tirer dans l'action de conservation de ses forêts. De leur côté, les communautés locales défendent leurs forêts considérées comme l'héritage légué par leurs ancêtres qu'elles ne peuvent partager avec quiconque et comme leur cadre de vie qui constitue leur principale source de revenus. Ainsi, ces communautés bafouent toute idée de conservation de leurs forêts.

Les conflits naissent par opposition d'usage de la forêt; ils sont déterminés à la fois par les jeux et les règles des instances locales ou coutumières, nationales et internationales ainsi que par des déterminants culturels. Cette conflictualité au regard de la différence de visions ou d'intérêts entre les acteurs rend impossibles leurs relations au sein de système de gestion des forêts afin d'amener à un comportement unique; de cette façon, elle rend le système complexe. Pourtant, tous les acteurs devraient avoir les mêmes objectifs de lutter contre le réchauffement climatique au regard de ses effets qui sont ressentis par tout le monde. C'est à ce niveau qu'il faudra faire intervenir la notion de cohésion sociale afin que les parties prenantes ou acteurs puissent se donner du respect mutuel ou encore se créer de confiance des uns envers les autres.

Dans le *Baromètre de la cohésion sociale. Pour l'opinion, la cohésion sociale repose sur les efforts de chacun et l'action des pouvoirs publics*²⁰, une étude menée par Régis Bigot, Sylvie Bourdon, Patricia Croute, Sandra Hoibian, Jorg Müller et Fanette Recours, certains indicateurs peuvent mesurer la cohésion sociale, notamment: le sentiment d'appartenir à tel ou tel échelon territorial (par rapport bien sûr à l'espace où l'on vit au monde dans son ensemble), la perception d'inégalités (la réduction des inégalités), la confiance dans la possibilité pour chacun de trouver la place qu'il mérite dans la société, le respect mutuel, la qualité des relations entre les acteurs, les efforts individuels ainsi qu'institutionnels, la lutte contre l'individualisme, etc.

¹⁸ Lire Chatelard, G., ONG environnementales arabes et gestion des aires protégées : des acteurs entre histoires nationales et paradigmes mondialisés, pp.190-225 in Academia

¹⁹ Abanda Ngono, F. et Ngoutane Peyou, S., A. « Les modes de participation et d'implication des communautés autochtones dans l'exploitation des ressources territoriales au Cameroun : Réflexion sur les voies d'un modèle de gouvernance forestière autochtone dans le bassin du Congo », communication présentée lors de la Conférence internationale : « Peuples autochtone, communautés locales et ressources naturelles en Afrique centrale : Quels droits ? Quelles mesures de protection ? Quel(s) rôle(s) pour les défenseurs de l'environnement ? », 29-31 mars 2016, Yaoundé-Cameroun, pp.1-18

²⁰ Régis Bigot, Sylvie Bourdon, Patricia Croute, Sandra Hoibian, Jorg Müller et Fanette Recours, *Baromètre de la cohésion sociale. Pour l'opinion, la cohésion sociale repose sur les efforts de chacun et l'action des pouvoirs publics*, Rapport de l'Enquête sur « les Conditions de vie et Aspirations des Français », CREDOC, N°275, Juin 2011

Dans une des théories de la cohésion sociale, la reconnaissance de la dignité et de la liberté de penser de chacun (en d'autres termes, la reconnaissance du pluralisme des conceptions raisonnables du bien) ainsi que le sentiment d'appartenance à la société (considéré comme un projet collectif) sont des éléments essentiels pour animer le débat autour d'une conception de la société bien ordonnée. (.) Dans cette perspective, la cohésion sociale n'est pas l'absence de conflits, de désaccords ou de divergences mais ce qui assure la coexistence dans le cadre raisonnable du respect de l'égalité de chacun²¹.

Caroline Guibet Lafaye²², en parlant des modèles de la cohésion sociale, met en exergue trois types majeurs de modèles théoriques: le modèle ou paradigme intégrationniste, le modèle individualiste et les modèles mixtes. Le paradigme interactionniste se décline dans des variantes organiques (organisme hiérarchisé, unifiant, holiste, clos, autonome et dont le fonctionnement ne dépend pas fondamentalement d'échanges avec l'extérieur (tous les éléments participent dans le tout et y sont intégrés), fonctionnalistes (chaque élément autonome remplit une fonction dans le tout) et mutualistes (réciprocité, complémentarité fonctionnelle, indissociabilité); il met l'accent sur les parties différenciées et leur intégration dans la société. Avec ce modèle, la cohésion est saisie comme un attribut du groupe et est induite par la participation de l'individu ou de l'acteur à des champs d'activités du groupe ainsi que par les solidarités que créent ces activités. Le paradigme individualiste voit la cohésion non pas comme une caractéristique sociétale mais plutôt comme une expérience et un ressenti subjectif. Les modèles mixtes conjuguent les perspectives sociétales et individualistes; ils font donc référence à la fois à des forces qui attirent ou poussent les individus à rester dans le groupe et à des comportements individuels.

Les résultats des tableaux 6 et 7 montrent les causes de faible lutte contre le réchauffement climatique en RDC et les conséquences qui s'ensuivent. La mauvaise gouvernance et ses corollaires ainsi que le comportement des ONG et associations locales par rapport aux activités entreprises sur la forêt, d'une part et d'autre part, le fait que l'Etat congolais n'assume pas correctement ses fonctions régaliennes constituent les principales causes de cette faible lutte. En effet, la mauvaise gouvernance de la chose publique est la source principale des incohérences constatées dans la plupart des pays du Tiers-monde et particulièrement en RDC, laquelle les plonge dans le sous-développement socio-économique et politique. Et cette mauvaise gouvernance fera en sorte que l'Etat ne puisse pas assumer la plupart de ses fonctions régaliennes.

Le concept de gouvernance étant polysémique, Abanda et Ngoutane soulignent que toutes les définitions de la gouvernance s'accordent sur le fait que l'une de ses assises fondamentales est l'avènement de nouveaux acteurs, de nouveaux modes de gestion, la mise en place d'un cadre incitatif et représentatif, et la primauté de la concertation²³. Pour eux, les faits de terrain démontrent combien l'émergence d'une action collective est importante pour que les communautés locales deviennent de véritables acteurs de la gestion des forêts en RDC. C'est ainsi qu'ils se sont penchés sur la gouvernance concertée, laquelle s'adapte à la réalité des communautés locales en tenant compte de l'identité, des valeurs et des représentations locales.

Pour mémoire, sachons que depuis le Sommet de la terre à Rio en 1992, les populations locales font partie intégrante des écosystèmes de la forêt tropicale. A cet effet, il est de plus en plus admis que ces populations doivent être consultées, informées et impliquées dans l'élaboration et la mise en œuvre des politiques de gouvernance forestière. Fort malheureusement, tout en acceptant ces principes de consultation et de participation, le gouvernement et les partenaires internationaux ne mettent pas de moyens conceptuels et financiers permettant de les faire appliquer.

Tout en reconnaissant théoriquement le progrès réalisé dans le nouveau cadre réglementaire forestier par rapport aux lois et pratiques antérieures (fixant les exigences majeures de consultation publique et de prise en compte des facteurs sociaux et environnementaux dans le processus d'attribution des concessions forestières), Tréfon affirme que le ministère de l'environnement de la RDC et ses services spécialisés souffrent de l'insuffisance de moyens financiers, de personnel et d'experts dotés de compétences à jour. Les bureaux ne disposent pas de systèmes de gestion de données et d'équipements de base (...) Les employés sont mal payés et ne sont pas motivés à accomplir leurs tâches professionnelles. (...) Les mécanismes de contrôle administratif, logistique et institutionnel envisagés en matière de gestion forestière sont soit inexistantes soit insuffisants; ce qui n'empêche pas les exploitants forestiers de poursuivre les pratiques de corruption qui caractérisaient le secteur dans le passé. (...) Les recettes fiscales issues de l'activité forestière, qui devraient être reversées aux communautés, demeurent souvent illusoire car les exploitants paient leurs impôts à un gouvernement central qui n'a pas tradition de transparence ou de responsabilités. En plus, les dispositions juridiques relatives à la rétrocession fiscale, telle que stipulée dans la constitution de 2005 et concernant le processus de décentralisation, ne sont pas appliquées²⁴.

En expérimentation de diverses formules de renforcement des structures étatiques de la RDC, de nombreux experts tant internationaux que nationaux estiment aujourd'hui que les réformes doivent s'attaquer en priorité aux problèmes de mauvaise gouvernance et de corruption endémique.

²¹ Forsé, M. et Parodi, M., Une théorie de la cohésion sociale, The Tocqueville Review, 2009 in ACADEMIA

²² Guibet Lafaye, C., « Modèles de la cohésion sociale » in *European Journal of Sociology*, N°3, Décembre 2009, pp.389-427

²³ Abanda Ngono, F., et Ngoutane Peyou, S., A. op.cit., p.1

²⁴ Tréfon, T., « Gouvernance forestière au Congo : le règne de la corruption ? », Notes de synthèse U4BRIEF, décembre 2011, N°17, pp.3-4

Ainsi que l'exprime T. Tréfon, pour réussir la gouvernance forestière, il faudra:

- Une éducation environnementale et des campagnes de sensibilisation sur les droits et les responsabilités en vue d'aider les populations locales à participer à la négociation des stratégies de gouvernance forestière;
- La création de conditions permettant d'attirer des partenaires du secteur privé responsables afin d'aider à remettre l'économie forestière de la RDC sur la bonne voie;
- Un plus grand respect des systèmes de pensée et de croyance locaux (en prenant en compte les problèmes de clivages, tensions, méfiance, inégalités entre sexes et entre les générations qui caractérisent les communautés forestières);
- Un renforcement des capacités et une formation plus systématique de l'ensemble des parties prenantes impliquées dans la gouvernance forestière;
- La réduction des écarts qui séparent les partenaires internationaux publics et privés, les autorités nationales et les populations locales, afin que les parties puissent convenir à un ensemble d'intérêts communs.

Tout ceci nécessitera le soutien permanent de la communauté internationale avec des attentes réalistes et un fort engagement de la société civile²⁵.

Les arguments présentés ci-haut tant pour la cohésion entre les acteurs que pour la bonne gouvernance ramènent à l'analyse stratégique qui voit le système comme un construit social, étant donné que le pouvoir est une relation qui se négocie (à telle sorte que la règle ne s'applique pas directement, elle se négocie); et l'interaction entre les acteurs aboutit à la constitution d'un système d'action plus ou moins stable. La négociation dont il est question sous-entend la participation de ces trois catégories d'acteurs dans toute question, discussion ou décision évoquant les forêts. Malheureusement en RDC, le clientélisme politique devient l'arme essentielle pour la participation aux grandes rencontres. Ce qui renforce de plus en plus le mépris et la méfiance des communautés locales vis-à-vis de toutes les décisions qui accoucheraient desdites rencontres (nationales ou internationales).

Ce manque de négociation avec les communautés locales explique en grande partie le résultat du tableau 7 qui montre les actions menées par les populations locales, constituées essentiellement de l'agriculture sur brûlis, de l'exploitation du bois, du braconnage et du commerce de la viande de brousse, lesquelles constituent des menaces sérieuses pour les forêts congolaises. Les populations étant habituées à l'agriculture extensive et sur brûlis, ne sont pas disposées à accepter un autre type d'agriculture dans un laps de temps; elles font donc la résistance au changement. *Les pratiques agricoles restant largement basées sur des techniques traditionnelles peu productives et sur une culture sur brûlis fortement consommatrice d'espaces forestiers, l'agriculture restera une menace sur partie du massif forestier (...) Les forêts sont une source de revenus importants pour les pays à la fois dans les secteurs formel (exploitation industrielle, semi industrielle ou artisanale du bois d'œuvre) et informel (produits forestiers non ligneux, exploitation du bois, bois énergie)* 26. Les autres activités (comme l'exploitation du bois, le braconnage et le commerce de la viande de brousse) se font au mépris de toute réglementation forestière; sans oublier aussi que la corruption qui caractérise l'administration publique rend inefficace une quelconque réglementation. Il y a donc, dans la majorité de cas, l'exploitation illégale des forêts de la RDC.

6 CONCLUSION

Au terme de cette étude consacrée sur les logiques différenciées des acteurs locaux et internationaux dans la gestion des forêts en République démocratique du Congo. En menant cette étude, l'objectif poursuivi était de démontrer les divergences des logiques et des idéologies qui existent entre les acteurs internationaux et locaux en matière de gestion des forêts et de changement climatique en RDC. Et aussi d'analyser le niveau de contradiction et de parallélisme entre les enjeux locaux et internationaux sur la gestion des forêts congolaises afin de répertorier les stratégies pouvant concilier les enjeux internationaux et locaux.

Nous avons voulu à travers la question principale comprendre pourquoi les enjeux locaux peinent à s'arrimer à l'agenda global en matière de gestion des forêts en RDC ? A cette question principale, nous avons joint deux questions secondaires à savoir: En quoi les intérêts et agendas locaux et internationaux en matière de gestion des forêts divergent-ils ? Et enfin comment les acteurs locaux et internationaux interagissent-ils pour concilier leurs intérêts et agendas en matière de gestion des forêts ?

A l'issue de notre recherche, nous avons abouti aux principaux résultats suivants:

- Les acteurs impliqués sont les ONG et autres associations, le gouvernement congolais au travers ses ministères et les communautés locales. Il existe bel et bien le conflit entre les acteurs. Ce conflit se situe au niveau international, national et le local.
- Les bases du conflit sont dans la divergence de logiques entre les acteurs, dans le non-respect des engagements et dans la divergence des logiques entre les acteurs.

²⁵ T. Tréfon, Notes déjà citées, p.4

²⁶ Commission des Forêts d'Afrique centrale (COMIFAC), Les forêts du bassin du Congo : état des forêts 2008, Rapport EdF 2008, p.12

- Les menaces à la forêt congolaise proviennent de l'agriculture itinérante sur brûlis, l'exploitation du bois, les changements climatiques, et l'exploitation minière.

Au regard de ces résultats, il est clair que les logiques, les intérêts et les idéologies des acteurs ne se concordent pas, chaque acteur défendant ses intérêts ou idéologies. A cela, il faut ajouter la mauvaise gouvernance de l'Etat et le non-respect des cahiers de charge par les parties prenantes. Ce qui fait qu'on puisse évoluer dans un cadre de conflictualité dans la gestion des forêts sous étude.

Nous avons aussi noté, comme revendication, les exigences coutumières ou locales, le non-respect de cahier de charges par les parties prenantes. En fait, le fait que l'Etat congolais n'assume pas correctement ses fonctions régaliennes et le non-respect de promesse tenue par la communauté internationale, cela constitue la source de tension communautaire. Pour réduire ces tensions, les enquêtes suggèrent le paiement des crédits carbone en équivalence de CO2 stockés ou captés par les forêts et tourbières, la commercialisation effective des puits carbone, la récompense des dommages causés par les effets du changement climatique, et le financement des projets et programmes d'atténuation et d'adaptation au changement climatique.

Cependant, d'autres stratégies doivent être mises en place par la RDC notamment la sensibilisation de tous les acteurs impliqués dans la gestion de forêts en RDC et la mise en place des actions alternatives au profit des communautés riveraines des forêts. L'explication que nous avons apportée sur la question des forêts de la RDC a permis de comprendre les enjeux économiques du type capitaliste qui se cachent derrière ladite question, la sensibilisation à deux sens (pour les grands pollueurs et les communautés nationales) ainsi que la proposition d'un mode de cogestion ou de gestion concertée obtenue à partir des négociations entre les acteurs (au regard de marge de liberté de chaque acteur), afin de concilier les enjeux locaux, nationaux et internationaux, constituent la valeur ajoutée de l'étude.

REFERENCES

- [1] Chauvier, S., *Cosmopolitisme et acrasie collective*, éd. Montréal, Presses de l'Université de Montréal, 2010.
- [2] Crozier, M. et Friedberg, E., *L'acteur et le système*, éd. Seuil, Paris, 1977.
- [3] Gemenne, F., *Géopolitique du climat*, éd Armand Colin, Paris, 2021.
- [4] Lacarrière S., *Géopolitique du changement climatique*, éd. François Gemenne, Armand colin, Paris, 2009.
- [5] Le Prestre P., Protection de l'environnement et relations internationales. Les défis de l'écopolitique mondiale, Armand-Colin, 2005.
- [6] Locatelli, B., Lutte contre le changement climatique. Local, global: intégrer atténuation et adaptation, éd. Perspective, Paris, 2010.
- [7] Mukengere N., M., La RD Congo et la lutte contre le réchauffement climatique, Paris, éd. L'Harmattan, 2021.
- [8] Otemikongo M., *Guerre des méthodes en sciences sociales*, Du choix du paradigme épistémologique à l'évaluation des résultats, L'Harmattan, Paris, 2018.
- [9] Segihobe Bigira J., P. Partenariat pour les forêts du bassin du Congo et développement durable: Le droit à l'épreuve des enjeux, L'Harmattan, Paris, 2012.
- [10] Forsé, M. et Parodi, M., « Une théorie de la cohésion sociale », *The Tocqueville Review*, 2009.
- [11] Guibet Lafaye, C., « Modèles de la cohésion sociale » in *European Journal of Sociology*, N°3, Décembre 2009.
- [12] Tréfon, T., « Gouvernance forestière au Congo: le règne de la corruption ? », *Notes de synthèse U4BRIEF*, décembre 2011, N°17.
- [13] Kabudri Legi, D., Administration publique congolaise face au changement politique pendant la première législature de la Troisième République: cas de la Province Orientale, Thèse de doctorat en Sciences Politiques et Administratives, FSSAP, UNIKIS, septembre 2015.
- [14] Mohsni W., La spécificité du Droit international de l'environnement dans son rapport avec la souveraineté étatique, Mémoire de spécialisation en Droit, Université de Montréal, 2020.
- [15] Segihobe Bigira, J.-P., le Partenariat pour les forêts du Bassin du Congo entre non-droit et droit. Contribution l'étude de la responsabilité des acteurs, Thèse de Doctorat en Droit, Université de Gand (Belgique), 2009 disponible en ligne sur www.dhdi.free.fr/recherches/gouvernance/memoires/segihobetheseresume.pdf
- [16] Abanda Ngono, F., et Ngoutane Peyou, S., A. « Les modes de participation et d'implication des communautés autochtones dans l'exploitation des ressources territoriales au Cameroun: Réflexion sur les voies d'un modèle de gouvernance forestière autochtone dans le bassin du Congo », communication présentée lors de la Conférence internationale: « Peuples autochtone, communautés locales et ressources naturelles en Afrique centrale: Quels droits ? Quelles mesures de protection ? Quel (s) rôle (s) pour les défenseurs de l'environnement ? », 29-31 mars 2016, Yaoundé-Cameroun.
- [17] Chatelard, G., ONG environnementales arabes et gestion des aires protégées: des acteurs entre histoires nationales et paradigmes mondialisés, in Academia.
- [18] Commission des Forêts d'Afrique centrale (COMIFAC), Les forêts du bassin du Congo: état des forêts 2008, Rapport EdF 2008.
- [19] Constitution du 18 Février 2006.
- [20] Réduction des Emissions liées à la Déforestation des Forêts et ses enjeux, Kinshasa, 2009.
- [21] Régis Bigot, Sylvie Bourdon, Patricia Croute, Sandra Hoibian, Jorg Müller et Fanette Recours, Baromètre de la cohésion sociale. Pour l'opinion, la cohésion sociale repose sur les efforts de chacun et l'action des pouvoirs publics.
- [22] <https://fr.slideshare.net/cifor/Lohavo>, H., *est ce qu'il y a changement après la cop 27*.
- [23] <https://www.rtflash.fr/foret-tropicale-congolaise-est-desormais-premier-poumon-planete>.

- [24] Konrad A., sur <https://www.iddri.org/fr/publications-et-evenements/billet-de-blog/la-cooperation-internationale-facteur-de-succes-de-la-cop>.
- [25] Michelot A., Protection internationale du climat et souveraineté étatique, <https://doi.org/10.4000/Vertigo.19685>, vol.18, n°1, 2023.
- [26] Parfait Oumba, F., Développement durable et gestion des forêts du bassin du Congo: étude comparative des politiques forestières du Cameroun et de la République du Congo, Master en Droit international et comparé de l'environnement, Université de Limoges, 2007, in <https://www.memoireonline.com/01/08/882/developpement-durable-gestion-forets-bassin-congo-etude-cameroun-rdc.html>.

Forêts de la République démocratique du Congo: Une solution au problème de réchauffement climatique

[Forests in the Democratic Republic of Congo: A solution to the problem of global warming]

BELA NGBE Jean de Dieu

Assistant, Université du Bas Uélé, Province du Bas-Uélé, RD Congo

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

ABSTRACT: In carrying out this study, our main objective was to demonstrate, through the opinions of stakeholders involved in forest management in the DR Congo, that the latter is a solution to the problem of global warming. To achieve this, we collected data from 98 agents of public and private organizations working on environmental issues in the DRC, in Kinshasa, Kisangani and Yangambi. A questionnaire was administered to these agents. We then consulted various documents relating to Congolese forest management.

In analyzing the data, we found that the DRC is a real solution to the problem of global warming, thanks to its forests with a high capacity for CO₂ sequestration, the strategic minerals used in the manufacture of batteries and electric cars, and the production of renewable energies. The payment of carbon credits equivalent to the CO₂ stored or captured by forests and peatlands, the effective commercialization of carbon sinks, the rewarding of damage caused by the effects of climate change, and the financing of climate change mitigation and adaptation projects and programs are the positive stakes in the DRC's fight against global warming.

These results stipulate, as implications, the sensitization of all the actors, the implementation of alternative actions for the benefit of the communities bordering the forests finally to safeguard the assets in forest conservation.

KEYWORDS: forest, strategic minerals, global warming, DR Congo, peatland.

RESUME: En réalisant cette étude, notre objectif majeur était de démontrer, à travers les avis des acteurs impliqués dans la gestion de la forêt de la RD Congo, que cette dernière est une solution au problème de réchauffement climatique. Pour y parvenir, nous avons collecté les données auprès de 98 agents des organisations publiques et privées qui travaillent sur des thématiques environnementales en RDC à Kinshasa, à Kisangani et à Yangambi. A ces agents, un questionnaire a été administré. Ensuite, nous avons consulté les différents documents relatifs à la gestion de la forêt congolaise.

Lors des analyses des données, nous avons constaté que la RDC est vraiment un pays solution au problème du réchauffement climatique à cause de ces forêts avec une grande capacité de séquestration de CO₂, les minerais stratégiques utilisés dans la fabrication de batteries et les voitures électriques, et enfin la production des énergies renouvelables. Le paiement des crédits carbone en équivalence de CO₂ stockés ou captés par les forêts et tourbières, la commercialisation effective des puits carbone, la récompense des dommages causés par les effets du changement climatique, et le financement des projets et programmes d'atténuation et d'adaptation au changement climatique constituent les enjeux positifs de la lutte contre le réchauffement climatique de la RDC.

Ces résultats stipulent, comme implication, la sensibilisation de tous les acteurs, la mise en place des actions alternatives au profit des communautés riveraines des forêts enfin de sauvegarder les acquis en matière de la conservation forestière.

MOTS-CLEFS: forêt, minerais stratégiques, réchauffement climatique, RD Congo, tourbière.

1 INTRODUCTION

En ces jours, la crise climatique mondiale est devenue une préoccupation majeure de la communauté internationale. Or, les forêts jouent un rôle primordial dans la régulation attendue au niveau mondial en tant que puits de carbone.

L'attention sur les forêts est devenue mondiale alors qu'elles sont par essence territoriales et locales. En fait, les forêts se trouvent au cœur des réflexions environnementales sur la gestion durable, elles sont analysées, inventoriées au regard de fonctions qu'elles jouent au bénéfice transnational. Il s'agit en outre, de la protection de la biodiversité qu'elles hébergent, du stockage du carbone censé faire contrepoids à l'effet de serre, de la préservation des écosystèmes naturels voire la fonction ludique et touristique à des paysages qu'elles offrent.

Les forêts sont devenues désormais un enjeu écologique majeur pour la société internationale, au même titre que la couche d'ozone ou le réchauffement climatique. Et la promotion de fonction qu'elles jouent a été dictées notamment par la déforestation accélérée des forêts tropicales avec les effets climatiques néfastes qui s'ensuivent. A ce titre, elles sont présentées dans les ordres du jour des grandes conférences environnementales mondiales telles que Rio (1992), Kyoto (1998), Johannesburg (2002), COP 21, COP 27, etc.¹

Il est évident que le climat, au centre des échanges dans ces grandes rencontres, a depuis longtemps, eu de nombreux bouleversements dans différentes périodes de l'histoire de la planète². Or depuis quelques années, il est beaucoup troublé qu'auparavant. Partout sur la terre, on observe des changements dans le système du climat mondial: perturbations de saisons, canicules, sécheresses plus longues et plus fréquentes, inondations, dégradation des écosystèmes (y compris les forêts), désertification, diminution des récoltes et crises alimentaires, fonte des glaces polaires entraînant l'élévation du niveau des mers, augmentation de la fréquence et de l'intensité des cyclones tropicaux. Et les regards sont tournés vers la gestion des forêts là où elles existent en quantité importante.

Au-delà du phénomène El Nino³, qui se déroule dans les tropiques avec une certaine régularité prévisible, il se passe actuellement des phénomènes similaires, avec des tempêtes et des ouragans d'une violence extrême et dont les fréquences sont de plus en plus rapprochées, face à tous ceux-là, les forêts doivent voler au secours.

Cependant, nous constatons que la détérioration écologique de l'environnement est depuis longtemps un des thèmes politiques et médiatiques majeurs, mais personne encore n'est à même d'apporter des solutions et de les appliquer de façon efficace. Même si nous étions capables de ralentir tant soit peu la détérioration de l'environnement naturel de l'homme, celui dont dépend l'existence même de l'homme, la vitesse de la destruction de l'environnement global n'en aurait pas déchu pour autant⁴.

Conformément à la charte des Nations Unies qui engage les Etats membres à réaliser la coopération internationale en résolvant les problèmes internationaux d'ordre économique, social, intellectuel ou humanitaire, en développant et en encourageant le respect des droits de l'homme et des libertés fondamentales pour tous, sans distinctions de race, de sexe, de langue ou de religion, les Etats de la planète ont tous unanimement pris conscience que les changements du climat de la planète et leurs effets néfastes sont un sujet de préoccupation commune, et dont les solutions individuelles ne suffisent pas.

La coopération internationale a été ainsi retenue comme moyen privilégié pour lutter contre les changements climatiques et ses conséquences sur la nature et l'homme, un phénomène particulier qui remet en cause les modes de production et de consommation des sociétés modernes qui constitue de ce fait une énigme pour le développement durable.

Dans cette lutte contre le changement climatique, les Nations Unies ont mis en place des programmes d'adaptation et d'atténuation à travers l'ONU-REDD. En RDC, la REDD est en cheval entre la phase d'investissement et celle de mise en œuvre de paiement pour services environnementaux. Plusieurs autres projets sont en exécution et des actions de mobilisation de moyens sont menées par le gouvernement congolais, autant que d'autres.

¹ D'antin de Vaillac, *Forêt comme objet de relations internationales*, IEFC, Paris, 2004, p. 4

² Gao Xingjian, *l'environnement et la littérature*, traduit du chinois par MOLCANOV Denis, éd Poésie, 2010, p. 3-15

³ <https://www.fao.org/el-nino/fr>, consulté à Kisangani le 13/11/2023

⁴ Réduction des Emissions liées à la Déforestation des Forêts et ses enjeux, Kinshasa, 2009, p. 9

Les forêts denses tropicales ont une très grande capacité de séquestration de carbone. Dans ce cadre, les forêts du bassin du Congo sont le premier poumon de la planète en matière climatique⁵. Dès lors, il faut les préserver. Mais les populations forestières en ont besoin pour leur bien-être. La République Démocratique du Congo (RDC) entend se présenter comme un pays solution sous conditions car elle doit répondre à ses besoins de développement.

Depuis 2002, avec l'appui de la Banque mondiale, le Gouvernement de la RDC s'est engagé dans une série des réformes du cadre juridique et politique du secteur forestier. En grande partie, ces réformes ne sont pas encore achevées; plusieurs des éléments les plus importants pour la gouvernance forestière restent en suspens, y compris la clarification des droits des communautés forestières, le développement des alternatives à l'exploitation industrielle du bois, le renforcement des capacités de l'administration forestière et de la Société civile et le zonage forestier.⁶

En Novembre 2012, le Conseil des Ministres a adopté la Stratégie Cadre National REDD+, qui vise à stabiliser le couvert forestier à 63,5 % du territoire national à partir de 2030, et à le maintenir par la suite; aussi à mobiliser et coordonner les financements internationaux nécessaires visant une gestion coordonnée et axée sur les résultats dans le respect des sauvegardes sociales et environnementales.

Cette stratégie, qui s'aligne sur plans et cadres nationaux de développement, ainsi que sur les accords internationaux dont la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), promeut des politiques et mesures visant à favoriser un développement durable et intégré afin de l'amélioration du niveau de vie de la population congolaise et de la réduction de la pauvreté.

Le plan d'investissement a été élaboré, et décline les priorités de mise en œuvre de la Stratégie Cadre National REDD+ pour les années 2015-2020. Il combine le renforcement continu des capacités nationales avec des activités ciblées sur des réformes et des programmes sectoriels à l'échelle nationale coordonnés avec des investissements intégrés et innovants au niveau national afin de doter le pays de modèles de développement durable. Ce plan d'investissement vise à attirer et guider des financements internationaux et nationaux pour la mise en œuvre de la REDD+ dans le pays, ainsi qu'aligner d'autres investissements nécessaires pour l'avancement du pays vers le développement vert.

Grâce à ce plan de préparation ambitieux et à un processus de préparation particulièrement dynamique, la RDC s'est positionnée comme un acteur majeur de la REDD+ au niveau international. Des avancées importantes ont été réalisées, notamment sur les moteurs de la déforestation, la validation du plan d'investissement du Programme d'Investissement pour la Forêt (PIF), l'adoption de la Stratégie-Cadre nationale REDD+ ainsi que la création du Fonds National REDD+ (mécanisme financier) fin 2012, le développement des outils de mise en œuvre de la REDD+, la finalisation du rapport d'auto-évaluation du Readiness-Package validé par le Comité des Participants du FCPF, en mai 2015, faisant ainsi de la RDC, le premier des 47 pays REDD+ à voir finaliser sa phase de préparation et pouvoir entrer ainsi d'un pied solide dans la phase d'investissements. Avec ce plan d'Investissement, la RDC est bien équipée pour rentrer pleinement dans la phase d'investissement de la REDD+⁷.

De tout ce qui précède, la RDC se présente comme pays solution aux problèmes climatiques grâce à ces trois paramètres: forêts avec une grande capacité de séquestration de CO₂ (1), capacités de production des énergies renouvelables (hydroélectricité, solaire, éolienne, etc. (2) et les minerais stratégiques (cobalt, cuivre, lithium) utilisés dans les batteries et les voitures électriques (3). On peut y ajouter les ressources humaines (expertise de ses scientifiques, notamment). Or la population congolaise dépend directement ou indirectement selon le cas de ses forêts pour sa survie physique et culturelle.

Les communautés autochtones et locales revendiquent des droits traditionnels et coutumiers inaliénables et légitimes sur ces forêts, en dépit des dispositions légales en vigueur en matière foncière, méconnaissant ces droits. Ce qui fait que d'une part, la communauté internationale prône la préservation des forêts de la RDC en vue de créer l'équilibre du climat mondial et d'autre part, la population congolaise se sert de ces forêts pour sa survie. Cette situation conduit à deux visions différentes du problème: d'un côté ces forêts sont considérées comme « un patrimoine mondial » à préserver et de l'autre côté, elles constituent « un bien local » ou « coutumier », dont l'usage dépend complètement de la population locale.

C'est dans le contexte de ces deux visions contradictoires que nous menons cette étude afin de trouver une perception commune entre la communauté internationale et la communauté nationale sur l'utilisation des forêts en RDC. En fait,

⁵ <https://www.rtf.fr/foret-tropicale-congolaise-est-desormais-premier-poumon-planete/article> par Georges Simmonds. Consulté à Kisangani le 25/01/2024.

⁶ The Forests of the Congo Basin state of the forest, 2006, CBFP, p. 255

⁷ Plan d'investissement REDD+, 2015, p.2

l'utilisation du terme « glocalisation » veut montrer tout simplement ce paradoxe entre l'universalisme et le particularisme et a comme finalité la combinaison des considérations à la fois mondiales et locales.

En entreprenant cette étude, nous voulons démontrer comment les logiques et idéologies des acteurs internationaux et locaux divergent en matière de gestion des forêts et de changement climatique en RDC.

2 MÉTHODOLOGIE SUIVIE

Pour collecter les données de ce travail, nous avons enquêté les agents des organisations publiques et privées qui travaillent sur des thématiques environnementales en RDC notamment à Kinshasa, à Kisangani et à Yangambi. Ces deux derniers sites ont été retenus car ils abritent de projets qui militent à réduire les effets du réchauffement climatique.

De toutes les catégories indiquées supra, 98 personnes ont été enquêtées, réparties en enseignants-chercheurs, en agents et/ou fonctionnaires de l'Etat (membres des Cabinets politiques y compris), membres d'Organisations Non Gouvernementales (ONGs), d'Organismes internationaux, des Associations privées travaillant sur des thématiques environnementales, dans les trois villes choisies.

Tableau 1. Structure de l'échantillon

Catégories	Ville	Kinshasa	Kisangani	Yangambi	Total
Enseignants-chercheurs		4	39	3	46
Agents et/ou fonctionnaires de l'Etat		3	13	-	16
Société civile		-	4	5	9
Acteurs locaux		-	27	-	27
Total		7	83	8	98

Comme annoncé précédemment, notre échantillon est composé de 98 sujets dont 26 femmes et 72 hommes répartis dans trois entités différentes et le tableau en offre les détails.

Pour atteindre nos objectifs, nous avons recouru à la méthode d'analyse stratégique selon Crozier et Friedberg améliorée par Otemikongo⁸. Cette méthode analyse le comportement concret des acteurs concernés par le processus de changement. Ainsi, dans le cadre de cette étude, le processus du changement auquel nous voulons analyser le comportement des acteurs impliqués est la lutte contre le changement climatique en RDC. Crozier et Friedberg décrivent l'organisation comme un système politique qui résulte notamment du « jeu des acteurs », de leur capacité à développer des stratégies et à tirer des zones d'incertitude au sein de l'organisation. Nous considérons la RDC comme une organisation qui fonctionne à travers les différentes négociations climatiques lors des conférences de parties à la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique.

Ce protocole d'analyse stratégique d'acteurs s'articule autour de neuf lois opérationnalisées de la manière suivante:

Première opération: lister les acteurs engagés dans le processus du changement climatique, sans exception. Ces acteurs sont censés réagir de manière spécifique à l'annonce d'un changement notamment: ceux qui sont directement touchés, ceux qui ont un pouvoir de blocage, et ceux qui détiennent l'information. Les catégories d'acteurs concernés par le processus de lutte contre le changement climatique en RDC sont: (1) les pays industrialisés ou développés (riches); (2) les pays en voie de développements dont la RDC; (3) les organisations internationales non gouvernementales et gouvernementales et (4) les peuples autochtones et riverains.

Deuxième opération: il s'agit de repérer les enjeux de pouvoir pour comprendre la dynamique, le déroulement ou encore la nature des négociations internationales climatiques. Dans le processus de la lutte contre le changement climatique, les enjeux des négociations climatiques sont liés aux catégories d'acteurs; les pays développés sont responsables de pollution de la

⁸ Otemikongo M., *guerre des méthodes en sciences sociales*, Du choix du paradigme épistémologique à l'évaluation des résultats, L'Harmattan, Paris, 2018, pp. 194-198.

planète suite à leur industrialisation. Le fait qu'ils soutiennent financièrement les pays en développement dans leurs efforts d'adaptation aux effets du changement climatique, leur procure un certain pouvoir sur les catégories d'acteurs.

Les enjeux du pouvoir pour les organisations internationales (OI et OINGs) résident dans leur efficacité d'intervention au processus de la lutte contre le changement climatique, aussi le fait qu'elles détiennent les outils technologiques leur permettant de recueillir les informations sur l'évolution du processus de la lutte contre le changement climatique, elles maîtrisent également la gestion fiduciaire.

Troisième opération: les négociations internationales climatiques sont un produit de jeux ou stratégies des acteurs. Chaque acteur développe ses propres stratégies pour atteindre ses propres objectifs. La RDC comme membre d'une catégorie d'acteurs, mobilise ses stratégies et idéologies pour atteindre ses objectifs qui sont notamment, de bénéficier des avantages, opportunités qu'offre la lutte contre le changement climatique en fonction du rôle qu'elle joue dans la régulation climatique mondiale. Ses stratégies sont malheureusement inefficaces car elles ne lui permettent d'atteindre son objectif tel que souhaité. Malgré le fait que la RDC utilise son rapport de pouvoir, plusieurs contraintes sont liées à la mise en œuvre pour concilier l'ambivalence autour de la gestion de ses forêts.

Quatrième opération: consiste à comprendre les relations de pouvoir entre les acteurs, identifier les sources de pouvoir, les zones d'incertitudes contrôlées par les acteurs majeurs détenteurs d'enjeux. Dans le cadre de la gestion de forêts de la RDC, chaque catégorie d'acteurs a une part de pouvoir qu'il détient ainsi qu'une zone d'incertitude qu'il contrôle. En effet, les acteurs acceptent de se mettre ensemble, de coopérer en créant un collectif pour parvenir à cet objectif commun qui est la régulation climatique. Par conséquent, les acteurs s'accordent mutuellement de l'espace pour que chacun exerce sa portion du pouvoir, bien qu'en réalité le pouvoir d'une catégorie d'acteurs primera sur le pouvoir des autres acteurs.

Cinquième opération: consiste à identifier la culture des acteurs, les outils conceptuels qui leur permettent d'expliquer ou justifier leurs actions concrètes.

Sixième opération: analyse de système d'action concret, la signature de la Convention Cadre des Nations Unies pour le Changement Climatique a permis aux acteurs notamment tous les Etats membres, les Organisations Internationales non gouvernementales de se réunir chaque après deux ans pour discuter des stratégies, d'adopter des normes et mécanismes de lutte contre le changement climatique. Et chaque Etat élabore ses lois, stratégies nationales en référant des normes et stratégies produites au niveau international. La RDC fait partie des pays membres de la CCNUCC et participe aux différentes COP.

Septième opération: consiste à dresser le bilan. Ainsi pour la RDC étant membre des pays en voie de développement, le bilan de sa politique en matière de la lutte contre le changement climatique enregistre jusque-là les risques qui sont supérieurs aux gains escomptés dans le processus du changement. Ce bilan peut être généralisé pour tous les pays de cette catégorie à savoir les pays en voie de développement.

Huitième opération: étant donné que le bilan est négatif, il est important de se questionner sur le pouvoir d'acteurs. La RDC n'exerce pas effectivement son pouvoir étant que pays solution au changement climatique notamment suite à plusieurs contraintes d'ordre diplomatique, humain, technologique, institutionnel et financier qui sont de facteurs justifiant cette inefficacité.

Neuvième opération: chercher les points faibles de l'organisation (compromis, enjeux de négociation, etc.) et mettre au point un plan d'action notamment par la proposition des corrections permettant d'initier le changement. La faiblesse dans la lutte contre le changement climatique réside au niveau de divergence des logiques et idéologies des acteurs, du mécanisme de suivi pour l'application des mesures prises, et la mise en œuvre des stratégies et normes. Cela impacte négativement sur la lutte contre le changement climatique qui constitue le processus de changement dans le cadre de cette étude.

Etant donné qu'il s'agit ici de la RDC, sa faiblesse réside au niveau des différentes contraintes énumérées ci-haut. Ainsi, pour concilier les enjeux locaux et l'agenda global en matière de gestion des forêts, la RDC doit former les experts en négociation climatique et cela à tout le niveau notamment local, national et international, renforcer la collaboration interinstitutionnelle, assumer correctement ses fonctions régaliennes, renforcer les actions alternatives au profit des communautés riveraines des forêts, améliorer la gestion forestière et surtout la gestion fiduciaire pour lui permettre d'arracher la confiance des bailleurs des fonds dans la gestion des projets et programme relatifs à la lutte contre le changement climatique. Dès que ces éléments évoqués seront améliorés, la RDC pourra concilier la persistance de l'ambivalence entre les enjeux locaux et l'agenda global en matière de la gestion de forêts de la RDC.

Nous avons fait recours à deux techniques pour collecter les données analysées dans cette étude, il s'agit de la technique documentaire et de l'entretien.

Pour traiter les données, nous avons fait usage de l'analyse de contenu, laquelle est considérée par Bardin⁹ comme étant « *un ensemble de techniques d'analyse des communications* ». De son côté, Barelson¹⁰ considère l'analyse de contenu comme une technique de recherche pour la description objective, systématique et quantitative du contenu manifeste (et latent) des communications, ayant pour but de les interpréter. Dans le cas d'espèce, nous avons utilisé sa variante qualitative.

Elle nous a permis d'assurer l'analyse et l'interprétation de contenu des documents écrits (les archives) et les documents non écrits (les déclarations politiques, les conversations...) ainsi qu'à ceux audiovisuels. Elle a pris aussi en charge l'interprétation des opinions avancées par les enquêtés dans les entretiens. Pour y parvenir, nous avons, préalablement, recoupé et regroupé ces données au sein d'unités d'analyse pertinentes à notre recherche, à savoir: les motivations de la demande de la RDC comme pays solution au problème du changement climatique, la contrepartie de ses forêts qui font aujourd'hui de la RDC le premier poumon mondial, les risques d'un désengagement précoce par la RDC et les voies de sortie de l'impasse environnementale.

3 RÉSULTATS

Les résultats qui seront décrits ci-dessous proviennent de six questions posées aux enquêtés, il s'agit (1) des acteurs impliqués dans la lutte contre le réchauffement climatique, (2) de la RDC comme pays solution au problème du changement climatique, (3) des actions de la RDC au niveau de la coopération internationale en matière de lutte contre le réchauffement climatique, (4) des stratégies de lutte contre le réchauffement climatique de la RDC au niveau national, (5) des enjeux positifs de la lutte contre le réchauffement climatique de la RDC et (6) des perspectives de la RDC pour la réussite de la lutte contre le réchauffement climatique au niveau local.

Tableau 2. Acteurs impliqués dans la lutte contre le réchauffement climatique en RDC

Acteurs	Fréquence attendue	Fréquence observée	Pourcentage
Gouvernement Congolais	98	73	74,49
Organisations Internationales	98	3	3,06
ONG (nationales et internationales)	98	75	76,53
Individus	98	5	5,10
Communautés locales	98	17	17,35
Société civile	98	15	15,31
Les pays industrialisés	98	3	3,06

Pour ce qui concerne les acteurs impliqués dans la lutte contre le changement climatique, la lecture de ce tableau montre que sur un total de 98 réponses attendues, il y a 75 soit 76,53% qui reconnaissent les ONG (nationales et internationales), 75 soit 74,49% alignent le gouvernement congolais (à travers ses différents ministères), 17 soit 17,35% font allusion aux communautés locales, 15 soit 15,31% citent la société civile, 5 soit 5,10% voient les individus, 3 soit 3,06% considèrent les pays industrialisés et en fin 3 soit 3,06 pensent aux organisations internationales.

⁹ Pour la meilleure édification, lire Shomba Kinyamba, S., *Méthodologie et épistémologie de la recherche scientifique*, Kinshasa, Presses de l'Université de Kinshasa, 2013, p.58.

¹⁰ Barelson cité par Kabudri Legi, D., *Administration publique congolaise face au changement politique pendant la première législature de la Troisième République : cas de la Province Orientale*, Thèse de doctorat en Sciences Politiques et Administratives, FSSAP, UNIKIS, septembre 2015, p.27

Tableau 3. La RDC, pays solution au problème du changement climatique

Pays solution	Effectifs	Pourcentage
A cause de ces forêts avec une grande capacité de séquestration de CO2	66	44,29
Avec ces capacités de production des énergies renouvelables (hydroélectricité, solaire, éolienne)	36	24,16
Avec ces minerais stratégiques (cobalt, cuivre, lithium) utilisés dans la fabrication de batteries et les voitures électriques	41	27,51
Avec l'expertise de ses scientifiques dans la lutte contre le réchauffement climatique	6	4,02
Total	149	100

Les données de ce tableau montrent que sur un total de 149 réponses obtenues concernant la RDC comme pays solution au problème du réchauffement climatique, 66 soit 44,29% font allusion aux forêts avec une grande capacité de séquestration de CO2, 41 soit 27,51% évoque les minerais stratégiques (cobalt, cuivre, lithium) utilisés dans la fabrication de batteries et les voitures électriques, 36 soit 24,16% pensent à la production des énergies renouvelables (hydroélectricité, solaire, éolienne) et 6 soit 4,02% soulèvent l'expertise de ses scientifiques dans la lutte contre le réchauffement climatique.

Tableau 4. Les actions de la RDC au niveau de la coopération internationale en matière de lutte contre le réchauffement climatique

Actions	Effectifs	Pourcentage
Participer à des rencontres internationales sur le climat	32	22,86
Organiser, en RDC, des Conférences, Ateliers, Sommets et/ou autres rencontres internationales sur le climat	43	30,71
Mener les lobbyings pour bénéficier de paiement pour services environnementaux	47	33,57
Tenir compte de la qualité des négociateurs	18	12,86
Total	140	100

La lecture de ce tableau montre qu'au niveau de la coopération internationale en matière de réchauffement climatique, il y a eu au total 140 réponses enregistrées à telle sorte que 47 soit 33,6% soutiennent le fait de mener des lobbyings afin de bénéficier de paiement pour services environnementaux; 43 soit 30,7% retiennent l'organisation en RDC des conférences, ateliers, sommets ou autres rencontres internationales sur le climat; 32 soit 22,8% proposent la participation de la RDC à des rencontres internationales sur le climat et enfin, 18 soit 12,8% veulent qu'on puisse tenir compte de la qualité des négociateurs congolais.

Tableau 5. Les stratégies de lutte contre le réchauffement climatique de la RDC au niveau national

Stratégies de lutte contre le réchauffement climatique	Effectifs	Pourcentage
Cadre légal de gestion forestière	16	16,33
Cadre institutionnel de gestion forestière	15	15,31
Tenue des assises sur la protection et préservation de l'écosystème	7	7,14
Non réponse	60	61,22
Total	98	100

Comme le montre ce tableau, les stratégies à mettre en place en ce qui concerne la lutte contre le changement climatique au niveau national sont: le cadre légal de gestion de forestière (16 sujets, soit 16,33%), le cadre institutionnel de gestion forestière (15 enquêtés, soit 15,31%) et la tenue des assises sur la protection et préservation de l'écosystème (7 enquêtés, soit 7,14%). Curieusement, le nombre de non réponse a dominé sur ce tableau (60 soit 61,22%); ceci pourrait s'expliquer soit par manque de stratégies à proposer par l'enquêté soit par le comportement de la RDC qui ne paraît pas stratège en cette matière.

Tableau 6. Des enjeux positifs de la lutte contre le réchauffement climatique de la RDC

Enjeux positifs	Fréquence attendue	Fréquence observée	Pourcentage
Financement des projets et programmes d'atténuation et d'adaptation au changement climatique	98	17	17,35
Récompense des dommages causés par les effets du changement climatique	98	21	21,43
Commercialisation effective des puits carbone	98	27	27,55
Païement des crédits carbone en équivalence de CO ₂ stockés ou captés par les forêts et tourbières	98	33	33,67
Sans réponse	98	32	32,65

Pour ce qui concerne les enjeux positifs dans la lutte de la RDC contre le réchauffement climatique, il y a eu 33 sujets soit 33,67% qui ont évoqué le paiement des crédits carbone en équivalence de CO₂ stockés ou captés par les forêts et tourbières, 27 sujets soit 27,55% ont souligné la commercialisation effective des puits carbone, 21 sujets soit 21,43% ont fait mention de la récompense des dommages causés par les effets du changement climatique et enfin 17 sujets soit 17,35% ont insisté sur le financement des projets et programmes d'atténuation et d'adaptation au changement climatique. Retenons que les non réponses ont dominé dans le tableau (32 sujets soit 32,65%); la complexité de la question soulevée par cette recherche pourrait expliquer l'attitude de ces enquêtés.

Tableau 7. Les perspectives de la RDC pour la réussite de la lutte contre le réchauffement climatique au niveau local

Perspectives	Fréquence attendue	Fréquence observée	Pourcentage
La sensibilisation locale	98	63	42
Organisation des Conférences, Ateliers ou autres rencontres locales sur le climat	98	33	22
Envisager les actions alternatives au profit des communautés riveraines des forêts	98	54	36

L'observation de ce tableau relève que sur un total de 150 réponses pour la réussite de la lutte contre le réchauffement climatique au niveau local, 63 soit 42% évoquent la sensibilisation locale, 54 soit 36% mettent en exergue l'organisation des conférences, ateliers ou autres rencontres locales sur le climat et enfin, 33 soit 22% envisagent les actions alternatives au profit des communautés riveraines des forêts.

4 DISCUSSION DES RÉSULTATS

Les résultats issus des analyses des données montrent que la RDC est un pays solution au problème de réchauffement climatique à travers le monde. Par conséquent, La bonne gouvernance est une option inévitable dans l'encouragement de tous les acteurs.

Le concept de gouvernance étant polysémique, Abanda et Ngoutane soulignent que toutes les définitions de la gouvernance s'accordent sur le fait que l'une de ses assises fondamentales est l'avènement de nouveaux acteurs, de nouveaux modes de gestion, la mise en place d'un cadre incitatif et représentatif, et la primauté de la concertation¹¹. Pour eux, les faits de terrain démontrent combien l'émergence d'une action collective est importante pour que les communautés locales deviennent de véritables acteurs de la gestion des forêts en RDC. C'est ainsi qu'ils se sont penchés sur la gouvernance concertée, laquelle s'adapte à la réalité des communautés locales en tenant compte de l'identité, des valeurs et des représentations locales.

Tout en reconnaissant théoriquement le progrès réalisé dans le nouveau cadre réglementaire forestier par rapport aux lois et pratiques antérieures, Tréfon affirme que le ministère de l'environnement de la RDC et ses services spécialisés souffrent de

¹¹ Abanda Ngono, F., et Ngoutane Peyou, S., A. op.cit., p.1

l'insuffisance de moyens financiers, de personnel et d'experts dotés de compétences à jour. Les bureaux ne disposent pas de systèmes de gestion de données et d'équipements de base (...) Les employés sont mal payés et ne sont pas motivés à accomplir leurs tâches professionnelles. (...). Les mécanismes de contrôle administratif, logistique et institutionnel envisagés en matière de gestion forestière sont soit inexistants soit insuffisants; ce qui n'empêche pas les exploitants forestiers de poursuivre les pratiques de corruption qui caractérisaient le secteur dans le passé. (...). Les recettes fiscales issues de l'activité forestière, qui devraient être reversées aux communautés, demeurent souvent illusoires car les exploitants paient leurs impôts à un gouvernement central qui n'a pas tradition de transparence ou de responsabilités. En plus, les dispositions juridiques relatives à la rétrocession fiscale, telle que stipulée dans la constitution de 2006 et concernant le processus de décentralisation, ne sont pas appliquées¹².

Ainsi que l'exprime Tréfon, pour réussir la gouvernance forestière, il faudra:

- Une éducation environnementale et des campagnes de sensibilisation sur les droits et les responsabilités en vue d'aider les populations locales à participer à la négociation des stratégies de gouvernance forestière;
- Créer de conditions permettant d'attirer des partenaires du secteur privé responsables afin d'aider à remettre l'économie forestière de la RDC sur la bonne voie;
- Un grand respect des systèmes de pensée et de croyance locaux (en prenant en compte les problèmes de clivages, tensions, méfiance, inégalités entre sexes et entre les générations qui caractérisent les communautés forestières);
- Renforcer les capacités et une formation plus systématique de l'ensemble des parties prenantes impliquées dans la gouvernance forestière;
- Réduire les écarts qui séparent les partenaires internationaux publics et privés, les autorités nationales et les populations locales, afin que les parties puissent convenir à un ensemble d'intérêts communs.

Tout ceci nécessitera le soutien permanent de la communauté internationale avec des attentes réalistes et un fort engagement de la société civile¹³.

Les résultats des tableaux 3, 4 et 6 font allusion aux stratégies que la RDC peut monter tant au niveau national qu'au niveau de la coopération internationale afin de lutter contre le réchauffement climatique. Pour paraître efficace, la RDC doit à la fois mettre un cadre légal et institutionnel de son environnement, mener des lobbyings, organiser et participer aux rencontres internationales, sensibiliser les communautés locales et envisager les actions alternatives au profit de ces communautés. Bien qu'il y ait de progrès énorme en ce qui concerne le cadre réglementaire, comme évoqué déjà ci-haut, la RDC souffre de la mauvaise gouvernance et de la corruption endémique, conduisant ainsi à un bilan assez négatif de tout programme de réforme.

En fait, l'administration forestière doit s'assurer que les décisions prises ou à prendre coïncident à la fois avec les besoins, visions et valeurs de communautés locales et avec les besoins de l'humanité toute entière. L'Etat congolais doit donc exploiter les méthodologies les plus pertinentes dans sa gouvernance forestière afin que celle-ci ait un impact positif sur le couvert forestier et la biodiversité, et permette un développement durable des communautés dépendantes des forêts. Aujourd'hui, ce sont des méthodes participatives qui sont mises en exergue, aboutissant à une cogestion forestière entre les parties prenantes. Paraphrasons Chiasson, Mévellec, Bouthillier et Boucher¹⁴ pour dire c'est bien l'Etat, au gré de l'évolution de ses politiques sectorielles, qui peut agir tour à tour comme le moteur ou le frein dans la construction d'une capacité publique tant nationale qu'internationale. Les bévues évoquées ci-haut par Tréfon font que l'Etat congolais n'inspire pas confiance tant au niveau national qu'international en matière de la gouvernance forestière; il doit ainsi recréer cette confiance.

L'organisation des rencontres internationales par la RDC et sa participation aux différentes rencontres organisées à l'international peut lui procurer des expériences en matière de gouvernance forestière ainsi que faire entendre sa voix à la communauté internationale. Ici aussi, elle doit bien sélectionner les participants de ces forums sur base des critères objectifs (et non sur base de clientélisme) afin que les plus concernés (et/ou les plus compétents) puissent s'y retrouver en vue de la recherche des solutions plus durables et concertées.

Les lobbyings à mener au niveau international doivent porter haut l'image des forêts de la RDC; et s'il y a des compensations pour les services que rendent ces forêts à l'humanité toute entière, elles doivent profiter premièrement aux communautés locales et non comme c'est le cas aujourd'hui où ces communautés sont restées aux oubliettes, au profit des dirigeants ou

¹² Tréfon, T., « Gouvernance forestière au Congo : le règne de la corruption ? », Notes de synthèse U4BRIEF, décembre 2011, N°17, pp.3-4

¹³ Tréfon, T., Notes déjà citées, p.4

¹⁴ Chiasson, G., Mévellec, A., Bouthillier, L. et Boucher, J., « Gouvernance forestière et changement d'échelle : le rôle ambigu de l'Etat dans la mise en place des instances régionales », *Communautés dépendantes des forêts et gouvernance*, Vol .17, n°2, 2020, pp.30-51

gouvernants. Ce qui génère même l'opposition parfois farouche de ces communautés à tout projet ou programme de foresterie dans leurs milieux, créant ainsi, aux dires de Crozier et Friedberg, une zone d'incertitude à la gouvernance forestière dans son ensemble.

Les actions alternatives au profit des communautés locales restent une des solutions efficaces pour la sauvegarde des forêts. Tant que ces communautés n'auront pas d'autres activités que celles d'exploitation des forêts, les forêts de la RDC se dégraderont toujours. Certaines ONG mettent en avant la foresterie communautaire comme une alternative aux concessions industrielles d'exploitation du bois. D'autres proposent les concessions de conservation comme alternative à l'exploitation forestière. Bien que les forêts tropicales rendent énormément des services environnementaux à la planète, notons qu'elles dépendent des Etats souverains qui les utilisent avant tout comme des ressources économiques. Et vouloir renverser cette tendance équivaldrait à réorienter cette économie vers les activités qui ne vont pas entamer fortement les forêts; cependant, la plupart de ces pays tropicaux étant pauvres ne peuvent le faire sans l'aide conséquente de la communauté internationale. Il faudrait que cette dernière mette la main dans la pâte pour en arriver là.

Dans un pays aussi bouillant que la RDC où tout est presque banalisé, la sensibilisation semble être un impératif afin de renforcer le vivre ensemble et le mieux-être. En fait, faire passer les communautés d'un point « x » vers un point « y » ou encore les faire participer à la gouvernance forestière sans trop de résistance, nécessite un travail de titan de la sensibilisation. Elle suppose une solide préparation du contenu et la forme du message à transmettre, autrement dit elle appelle un savoir-faire spécifique. A ce niveau, il faudra amener un langage accessible aux communautés. Ceci doit renvoyer à une pédagogie situationnelle¹⁵, étant donné que l'acte de sensibilisation vise d'agir sur les perceptions et les habitudes de ces communautés, ainsi elle demande beaucoup de tact et n'a pas besoin des pédagogies classiques. Elle doit utiliser la persuasion comme instrument pouvant convaincre les communautés à bâtir un futur sain et durable de la RDC, en créant la peur bien sûr du désastre.

Comme l'exprime Fabien Girandola, *la persuasion par peur est un thème qui a des implications évidentes dans les domaines de la santé, de la prévention routière, de l'environnement, du marketing social*¹⁶. En définitive, la sensibilisation doit avoir pour objectif d'encourager le changement d'état d'esprit et de comportements des communautés, et de promouvoir les actions de conservation de l'environnement en général et des forêts en particulier. De ce fait, elle doit fournir des exemples locaux plus près des réalités actuelles et quotidiennes des communautés, afin qu'elles puissent prendre conscience du rôle qu'elles peuvent jouer dans la lutte contre le changement climatique.

Les résultats des enjeux positifs évoqués au tableau 5 tournent autour des bénéfices financiers et matériels que le pays et/ou les communautés locales peuvent tirer en termes soit de récompense soit de commercialisation de puits carbone ou de paiement crédit carbone ou encore de programmes d'atténuation du changement climatique. Ce qui fait que le pays ou le gouvernement s'attende à une compensation à la hauteur de la contribution de ses forêts dans l'équilibre climatique au monde; c'est la raison pour laquelle il se déclare « pays-solution ». Toutefois, l'impact de ces sommes versées en signe de compensation n'est pas ressenti dans les communautés locales à cause de la mauvaise gouvernance.

La RDC a ratifié plusieurs conventions, traités et accords internationaux, régionaux et sous régionaux dans le secteur forestier. Il s'agit ici d'un engagement pris par le pays pour la gestion durable de la biodiversité, notamment dans le domaine de l'environnement dont certains ont un rapport étroit avec la gestion des ressources forestières, à savoir la Convention d'Alger, la CCNUCC, la CDB, l'Accord international sur les bois tropicaux, et CITES... La RDC dispose également du processus REDD+ plus avancé que de nombreux pays du Bassin du Congo par la mise en place d'une coordination nationale et l'élaboration d'une Stratégie Nationale Cadre REDD+.

Mais vingt-deux ans après malgré toutes ces initiatives, la forêt congolaise a du mal à jouer son rôle social, économique et écologique. Outre le problème de mauvaise gouvernance avec tous ses corollaires, peut-être qu'en se considérant comme « pays-solution », la RDC voudrait vraiment palper ce qui peut lui revenir comme avantages avant de mordre à l'hameçon.

Pour ne pas arriver à cette phase qui paraît dangereuse pour l'humanité, les mesures en faveur de conservation des forêts doivent être prises à tous les niveaux, aussi bien dans les pays du Nord que ceux du Sud. Et la sensibilisation doit se faire en deux sens: d'une part, encourager les pays du Nord de compenser les services forestiers des pays tropicaux et de diminuer

¹⁵ Se reporter à Zahrane, T., « La pédagogie situationnelle : un levier de sensibilisation à la culture entrepreneuriale », *Revue « Repères et perspectives Economiques »*, Vol.3, n°1, 1^{er} semestre 2019, pp.68-85

¹⁶ Girandola, F., « Peur et persuasion : présentation des recherches d'une nouvelle lecture », *L'année Psychologique* 100, 2000, p.334

sensiblement les activités destructrices de l'atmosphère et d'autre part, encourager les pays tropicaux du Sud de renforcer les mesures de conservation de leurs forêts.

5 CONCLUSION

Au terme de cette étude consacrée sur les forêts de la République démocratique du Congo: une solution au problème de réchauffement climatique, l'objectif était de démontrer l'importance de la forêt de la RD Congo, vue par les différents acteurs. Après analyse des données, nos investigations ont révélé qu'il existe plusieurs acteurs qui sont impliqués dans la gestion de la forêt de la RDC, entre autre les ONG et autres associations (76,53%), le gouvernement congolais au travers ses ministères (74,49%) et les communautés locales (17,35%). La RDC est considérée comme étant un pays solution au problème du réchauffement climatique, à cause de ces forêts avec une grande capacité de séquestration de CO₂ (44,29%), les minerais stratégiques (cobalt, cuivre, lithium) utilisés dans la fabrication de batteries et les voitures électriques (27,51%), et enfin la production des énergies renouvelables (24,16%).

Le paiement des crédits carbone en équivalence de CO₂ stockés ou captés par les forêts et tourbières (33,67%), la commercialisation effective des puits carbone (27,55%), la récompense des dommages causés par les effets du changement climatique (21,43%), et enfin le financement des projets et programmes d'atténuation et d'adaptation au changement climatique (17,35%) constituent les enjeux positifs de la lutte contre le réchauffement climatique de la RDC.

Cependant, après analyse, nos investigations ont révélé d'autres stratégies qui doivent être mises en place par la RDC notamment la sensibilisation à double sens (33,77%), mettre en place des actions alternatives au profit des communautés riveraines des forêts (29,13%).

REFERENCES

- [1] D'antin de Vaillac, Forêt comme objet de relations internationales, IEFC, Paris, 2004.
- [2] Gao Xingjian, *l'environnement et la littérature*, traduit du chinois par MOLCANOV Denis, éd Poésie, 2010.
- [3] Otemikongo M., *guerre des méthodes en sciences sociales*, Du choix du paradigme épistémologique à l'évaluation des résultats, L'Harmattan, Paris, 2018.
- [4] Réduction des Emissions liées à la Déforestation des Forêts et ses enjeux, Kinshasa, 2009.
- [5] Shomba Kinyamba, S., *Méthodologie et épistémologie de la recherche scientifique*, Kinshasa, Presses de l'Université de Kinshasa, 2013.
- [6] The Forests of the Congo Basin state of the forest, 2006, CBFP.
- [7] Chiasson, G., Mévellec, A., Bouthillier, L. et Boucher, J., « Gouvernance forestière et changement d'échelle: le rôle ambigu de l'Etat dans la mise en place des instances régionales », *Communautés dépendantes des forêts et gouvernance*, Vol.17, n°2, 2020.
- [8] Girandola, F., « Peur et persuasion: présentation des recherches d'une nouvelle lecture », *L'année Psychologique* 100, 2000.
- [9] Tréfon, T., « Gouvernance forestière au Congo: le règne de la corruption ? », Notes de synthèse U4BRIEF, décembre 2011, N°17.
- [10] Zahrane, T., « La pédagogie situationnelle: un levier de sensibilisation à la culture entrepreneuriale », *Revue « Repères et perspectives Economiques »*, Vol.3, n°1, 1^{er} semestre 2019.
- [11] Kabudri Legi, D., Administration publique congolaise face au changement politique pendant la première législature de la Troisième République: cas de la Province Orientale, Thèse de doctorat en Sciences Politiques et Administratives, FSSAP, UNIKIS, septembre 2015.
- [12] Abanda Ngono, F. et Ngoutane Peyou, S., A., « Les modes de participation et d'implication des communautés autochtones dans l'exploitation des ressources territoriales au Cameroun: Réflexion sur les voies d'un modèle de gouvernance forestière autochtone dans le bassin du Congo », communication présentée lors de la Conférence internationale: « Peuples autochtone, communautés locales et ressources naturelles en Afrique centrale: Quels droits ? Quelles mesures de protection ? Quel (s) rôle (s) pour les défenseurs de l'environnement ? », 29-31 mars 2016, Yaoundé-Cameroun.
- [13] <https://www.fao.org/el-nino/fr>.
- [14] <https://www.rtf.fr/foret-tropicale-congolaise-est-desormais-premier-poumon-planete/article> par Georges Simmond.

Détermination de l'activité de l'enzyme hépatique gamma-glutamyl transférase (GGT) chez les consommateurs d'alcool (AGENE) dans la zone de santé de Gemena, période 2024–2025

[Determination of the Activity of the Hepatic Enzyme Gamma-Glutamyl Transferase (GGT) among Alcohol Consumers (AGENE) in the Gemena Health Zone, 2024–2025]

Richard DEGULIGO TANAKULA, Daniel MATILI WIDOBANA, Ratisbonne KUMUGO NGEMENA, and Gérard ELOKO EA MATANGELO

Institut Supérieur des Techniques Médicales de Gemena, RD Congo

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

ABSTRACT: This study focuses on determining the activity of hepatic enzymes among consumers of traditional alcohol known as "Agène." In the search for disturbances related to hepatic dysfunction, data analysis revealed the following findings:

- The study population was predominantly male, with 44 cases (73.3%), compared to 16 female cases (26.7%).
- Participants aged 21 to 30 years were the most represented, with 14 cases (26.9%), while those aged 51 to 60 years were the least represented, with 6 cases (11.5%).
- The mean values of the hepatic enzyme measured (GGT) were higher in men than in women, with 48.11 ± 5.8 U/L versus 40.96 ± 3.3 U/L, respectively.

The literature indicates that alcohol consumption significantly disrupts liver function. Indeed, the liver, as the primary organ responsible for alcohol metabolism, undergoes increased activity, which may lead to liver enlargement and functional abnormalities.

In conclusion, this study shows that the majority of the examined "Agène" alcohol consumers present impaired hepatic function.

KEYWORDS: determination, enzymatic activity, hepatic enzymes, alcohol, consumers.

RESUME: Cette étude est axée sur la détermination de l'activité des enzymes hépatiques chez les consommateurs d'alcool traditionnel « Agène ». Dans la recherche de perturbations liées au dysfonctionnement hépatique, l'analyse des données a permis de mettre en évidence les résultats suivants :

- La population étudiée était majoritairement composée de sujets de sexe masculin, avec 44 cas (73,3 %), contre 16 cas de sexe féminin (26,7 %).
- Les sujets âgés de 21 à 30 ans étaient les plus représentés avec 14 cas (26,9 %), tandis que ceux âgés de 51 à 60 ans étaient les moins représentés avec 6 cas (11,5 %).
- Les valeurs moyennes de l'enzyme hépatique dosée (GGT) chez les consommateurs d'alcool étaient plus élevées chez les hommes que chez les femmes, soit $48,11 \pm 5,8$ U/L contre $40,96 \pm 3,3$ U/L, respectivement.

La littérature indique que la consommation d'alcool perturbe significativement les fonctions hépatiques. En effet, le foie, principal organe impliqué dans la métabolisation de l'alcool, voit son activité intensifiée, ce qui peut entraîner une augmentation de son volume et l'apparition d'anomalies fonctionnelles.

En conclusion, il ressort de cette étude que la majorité des consommateurs d'alcool « Agène » examinés présentent une altération de la fonction hépatique.

MOTS-CLEFS: détermination, activité enzymatique, enzymes hépatiques, alcool, consommateurs.

1 INTRODUCTION

La détermination de l'enzyme hépatique gamma-glutamyltransférase (gamma GT) est d'une importance cruciale dans l'évaluation de la fonction hépatique, notamment chez les consommateurs d'alcool. Cette enzyme, présente principalement dans le foie, joue un rôle clé dans le métabolisme des acides aminés et des peptides. Son élévation dans le sang est souvent associée à des lésions hépatiques et à des conditions pathologiques comme l'hépatite ou la cirrhose.

Chez les individus qui consomment de l'alcool, la mesure des niveaux de gamma GT permet non seulement de détecter des dommages hépatiques potentiels, mais également d'évaluer l'étendue de l'abus d'alcool. En effet, une consommation excessive d'alcool est connue pour induire une augmentation des niveaux de cette enzyme, servant ainsi d'indicateur de l'impact de l'alcool sur la santé hépatique.

L'analyse des niveaux de gamma GT chez les consommateurs d'alcool peut également fournir des informations sur le risque de développer des maladies hépatiques et permettre une intervention précoce. Dans ce contexte, cette enzyme devient un marqueur précieux dans le suivi clinique et la gestion des patients à risque.

Le foie assure plusieurs fonctions vitales pour l'organisme. L'altération des fonctions hépatiques n'apparaît qu'après destructions, ou exérèse chirurgicale de plus des trois quarts de l'organe normal. Une maladie du foie se révèle, pour la même raison, à un stade très tardif, quand plus de 75% des cellules sont atteintes.

La cause la plus courante de maladies hépatiques, dans les pays développés et ceux en voie de développement, est la consommation excessive d'alcool. Ces troubles sont 5 fois plus nombreux, en comptant l'hépatite alcoolique et la cirrhose, que toutes les autres atteintes du foie (1).

Les effets de l'alcool sur la santé constituent, aujourd'hui encore, un lourd problème de santé publique.

Le Comité français d'éducation pour la santé (CFES) estime à 5 millions le nombre de personnes ayant en France des problèmes médicaux, psychologiques ou sociaux en relation avec une consommation excessive d'alcool.

L'intoxication alcoolique chronique est responsable d'un excès de morbidité et de mortalité par cancer, hépatopathie, atteinte du système nerveux central ou périphérique, maladie cardiovasculaire ou anomalies du développement, chez l'enfant exposé *in utero*.

Les conséquences de l'usage de boissons alcooliques sur la santé dépendent toutefois de la susceptibilité du consommateur, ainsi que de son mode de destruction et surtout de son niveau de consommation (2).

L'éthanol est une petite molécule absorbée par simple diffusion. Cette diffusion est lente au niveau gastrique et la majeure partie (70 % à 80 %) est absorbée au niveau de l'intestin grêle (duodénum et jéjunum).

Quand l'alcool est ingéré à jeûn, la concentration maximale est atteinte rapidement, environ une demi-heure après l'ingestion.

L'ingestion de nourriture ralentit la vidange gastrique, en entraînant la fermeture du verrou pylorique et en réduisant la motricité gastrique, particulièrement au niveau central.

En conséquence, l'ingestion de nourriture, en prolongeant le temps de séjour de l'éthanol dans l'estomac, va modifier la cinétique de l'absorption de l'éthanol.

Des progrès considérables ont été effectués dans la compréhension du métabolisme de l'éthanol et de l'acétaldéhyde par l'ADH (Hormone Anti Diurétique) et l'ALDH (Lactate Déshydrogénase), même si les étapes limitantes de ces réactions demandent encore à être étudiées. L'importance des isoenzymes hépatiques sur la consommation d'alcool et sa toxicité doit être soulignée, le meilleur exemple étant l'ALDH: en effet, si une activité ALDH très basse a un effet dissuasif pour la consommation d'alcool et constitue donc un facteur protecteur contre une consommation excessive, elle est à l'inverse un facteur de risque pour la toxicité en cas de consommation d'alcool. Ces dernières années ont vu également s'intensifier les recherches sur une autre enzyme du métabolisme de l'éthanol, le cytochrome P450 (CYP2E1), dont on essaie de préciser le rôle dans la toxicité de l'éthanol et le stress oxydant. Si la connaissance des mécanismes progresse grâce à différents modèles expérimentaux, l'expression et la régulation de cette enzyme chez l'homme sont encore mal connues. Le métabolisme non hépatique de l'éthanol (cerveau, estomac) demande également à être mieux connu; même si ces tissus contribuent de façon peu significative à l'élimination de l'alcool, une meilleure connaissance de ce métabolisme devrait aider à la compréhension de la toxicité de l'alcool dans ces tissus (1, 2).

Le foie joue un rôle central dans la métabolisation de l'alcool. Il est aussi le seul organe viscéral capable de se régénérer après avoir subi des lésions. Toutefois, une consommation d'alcool continue et excessive peut entraîner des dégâts permanents.

Dès qu'une petite quantité d'alcool est consommée, l'intestin sécrète de l'acide. Au fur et à mesure que l'alcoolémie augmente, la sécrétion de pepsine – une hormone digestive – est réduite, ce qui entraîne une irritation des parois de l'intestin et provoque éventuellement de la diarrhée.

La cirrhose est une maladie du foie provoquée par une altération chronique de ses cellules. Des cordons fibreux mutilent la structure normale du foie et les cellules survivantes se multiplient en formant des nodules de régénération (îlots de cellules viables séparées par du tissu cicatriciel). La vascularisation inappropriée de ces îlots aboutit à l'altération progressive des fonctions hépatiques, telles que la détoxification de substances véhiculées par le sang ou l'élaboration des facteurs indispensables comme ceux de la coagulation.

Les maladies du foie tuent annuellement, au monde plusieurs milliers de personnes. La cause la plus courante de cirrhose du foie est l'excès d'alcool et le risque est lié à la quantité d'alcool ingérée plus qu'au type d'alcool. Une hépatite peut évoluer vers une cirrhose. Ainsi, l'hépatite virale chronique (en particulier celle qui est due au virus de l'hépatite B) est la cause la plus fréquente de cirrhose dans les pays du Moyen-Orient, d'Extrême-Orient et d'Afrique (1, 3).

Depuis les années 1960, La RD Congo n'est pas épargnée par la nocivité de l'alcool.

L'engouement de la population pour les boissons alcoolisées manufacturées contribue à une augmentation vertigineuse des nombres de brasseries et des distilleries. Cette avidité vient s'ajouter à une forte consommation de l'alcool communément appelé Agène qui est préparé traditionnellement. C'est ainsi que la consommation par individu a augmenté sensiblement et cela est à l'origine de plusieurs désastres. Ainsi, la RDC a d'énormes problèmes sanitaires imputés aux consommations excessives d'alcool d'une manière générale, et le Sud – Ubangi d'une façon particulière (4).

L'hépatome, cancer primitif du foie, est le plus fréquent des cancers dans le monde, avec toutefois une différence flagrante de répartition entre les pays dits occidentaux et les autres. Sa répartition est en effet étroitement liée à celle de l'infection par le virus de l'hépatite B (Afrique, Moyen-Orient, Extrême- Orient). La contamination virale précoce, quasi obligatoire, jointe à d'autres facteurs favorisant ou promoteurs de tumeurs (toxines mycosiques d'origine alimentaire), explique sans doute l'incidence élevée des hépatomes.

Dans les pays industrialisés d'Amérique et d'Europe du Nord, l'hépatite B est beaucoup moins fréquente et plus tardive, et les hépatomes sont rares. On enregistre 3 ou 4 nouveaux cas pour 100.000 habitants par an, représentant moins de 3 % des tumeurs malignes. Il y a une nette prédominance masculine, et il s'agit habituellement d'une complication des cirrhoses du foie. Les facteurs favorisant en sont toutes les infections cirrhogènes. Des influences hormonales sont vraisemblablement en cause dans la progression de certains hépatomes (3).

Le cancer secondaire du foie, métastase venant d'un autre endroit de l'organisme, est beaucoup plus fréquent et représente la deuxième cause de morbidité des maladies hépatiques après la cirrhose. Ces tumeurs métastatiques sont environ vingt fois plus fréquentes que les tumeurs primitives (1).

La détermination de l'enzyme hépatique chez les consommateurs d'alcool, basé l'élimination de l'alcool par le foie, l'essentiel de la dégradation de l'éthanol a lieu dans le foie, où il est transformé en acétaldéhyde par trois enzymes principales: l'alcool déshydrogénase (ADH), le cytochrome P450 (CYP2E1) et la catalase.

L'acétaldéhyde est ensuite oxydé en acétate par l'aldéhyde déshydrogénase (ALDH).

L'activité de ces enzymes varie selon les individus. Par exemple, 50% de la population asiatique a une activité ALDH déficiente, entraînant une intolérance à l'alcool.

L'alcool endommage le foie, où sont principalement présentes les enzymes hépatiques comme la gamma-glutamyltransférase (Gamma GT).

Les niveaux élevés de Gamma GT sont souvent associés à la consommation excessive d'alcool, et provoque une stéatose (accumulation de graisses dans les cellules hépatiques), une inflammation (stéatohépatite alcoolique) et peut mener à une cirrhose.

Lorsqu'on arrête la consommation de l'alcool, après 10 jours, on observe souvent une diminution significative des niveaux de Gamma GT, signe d'amélioration de la fonction hépatique et se stabilise, reflétant la réduction de l'inflammation et le début de la régénération cellulaire.

Cependant, les niveaux d'enzymes varient selon les individus en fonction de l'activité des différentes enzymes impliquées dans le métabolisme de l'alcool

La consommation d'alcool entraîne plusieurs dysfonctionnements hépatiques, notamment:

- Stéatose hépatique: accumulation de graisses dans le foie, souvent réversible à l'arrêt de l'alcool. Hépatite alcoolique: inflammation aiguë du foie, pouvant entraîner des complications graves.
- Fibrose: formation de tissu cicatriciel due à l'inflammation chronique.
- Cirrhose: stade avancé de la fibrose, entraînant une défaillance hépatique et des complications comme l'hypertension portale et le cancer du foie.

Ces conditions résultent principalement de l'oxydation de l'éthanol et des effets toxiques de ses métabolites, comme l'acétaldéhyde.

Eu égard à tout ce qui précède, nous nous sommes posés comme question, la consommation de l'alcool (Agène) pourrait-elle perturber les fonctions hépatiques chez certains consommateurs ?

Nous estimons que la consommation de l'alcool (Agène) perturberait les fonctions hépatiques chez certains consommateurs.

- Nous nous sommes assignés comme objectif global évalué les fonctions hépatiques de consommateurs de l'alcool (Agène);
- Décrire certains caractères sociodémographiques des enquêtés;
- Evaluer la fonction hépatique des consommateurs de l'alcool (Agène).

La présente étude a pour intérêt de contribuer à la lutte contre les maladies hépatiques et d'établir une démarche diagnostique afin de mettre en évidence ces affections.

Le but poursuivi de cette étude était d'évaluer les fonctions hépatiques de consommateurs de l'alcool (Agène) en vue de déceler certaines perturbations issues de ces dysfonctionnements hépatiques.

2 METHODOLOGIE

Pour réaliser les résultats de cette étude, nous avons mené une étude prospective, descriptive transversale et analytique. Elle est aussi quantitative. Elle va de 16 Avril 2023 au 16 juin 2024, dans la Province de Sud-Ubangi, territoire de Gemena, dans la Zone de Santé de Gemena.

2.1 SITE DE L'ÉTUDE

Le laboratoire d'analyse biomédicale de la zone de santé de Gemena, laboratoire Provincial de santé publique et de diagnostic du Sud-Ubangi (LPSP) nous a servi de cadre pour les manipulations.

2.2 COLLECTE DES DONNÉES

2.2.1 MATÉRIELS

- Biologique:

Le sérum obtenu par centrifugation du sang veineux prélevé sans anticoagulant chez les consommateurs de l'alcool (Agène).

- Matériel de laboratoire:

- Centrifugeuse (DUAB)
- Spectrophotomètre: marque Rayto-9200
- Micropipettes (Digipipette)
- Vortex
- Tube sec
- Tube à essais
- Embouts (jaune et bleu)
- Portoirs
- Gants
- Garrots
- Corps vacutainer
- Aiguilles vacutainer
- Ouate.

2.2.2 MÉTHODES

Pour cette étude nous avons utilisé la méthode d'enquête et méthode documentaire.

La méthodologie est basée sur:

- L'identification des consommateurs de l'alcool (Agène);
- Le prélèvement des échantillons;
- La détermination de l'activité enzymatique du foie;
- La comparaison des résultats obtenus avec ceux de contrôles négatifs (les non consommateurs de l'alcool);
- L'application de tests statistiques (**SPSS**) pour interpréter les résultats de l'étude.

2.2.3 TECHNIQUES

Nous avons opté pour un échantillonnage non probabiliste de convenance et pendant l'enquête, nous avons pris l'échelle occasionnelle les fonctionnaires dans des structures étatiques et paraétatiques c'est-à-dire ceux qui prestent dans les formations sanitaires et autres concernées par cette étude.

2.3 PARTICIPANTS

2.3.1 POPULATION ET TAILLE DE L'ÉCHANTILLON

La population échantillonnée de cette étude est constituée essentiellement de:

Consommateurs de l'alcool (Agène), Habitant dans la Province du Sud-Ubangi, territoire de Gemena, dans la Zone de Santé Urbano-Rural de Gemena.

Nous avons opté pour un échantillonnage non probabiliste de convenance et pendant l'enquête, nous avons pris l'échelle occasionnelle les fonctionnaires dans des structures étatiques et paraétatiques c'est-à-dire ceux qui prestent dans les formations sanitaires et autres concernées par cette étude.

En misant sur le principe de saturation des données, la taille de l'échantillon de cette étude a été reconnue à posteriori, composée des consommateurs de l'alcool (Agène) de la Zone de Santé de Gemena, car l'échantillon de départ peut être modifié selon les besoins créés par le développement de la théorie émergente (OMANYONDO OHAMBE, MRS, L1 santé communautaire 2021.) Cette saturation de l'échantillon, dite saturation théorique, est atteinte lorsque le chercheur n'obtient plus des données nouvelles et ne peut révéler de nouveaux cas représentant un aspect de la réalité de l'étude qui n'aura pas été décrit. Pour cette étude, notre échantillon est constitué de 60 personnes dont: quarante-quatre (44) Masculin et seize (16) Féminin.

2.3.2 CRITÈRES D'INCLUSION ET D'EXCLUSION

- **Critères de sélection**

Les sujets qui répondaient aux critères de sélection ci-dessous ont été retenus pour la présente étude.

- **Critères d'inclusion**

Toute personne travaillant (ou ayant une caractéristique socio-professionnelle) dans le service étatique et para étatique et qui consommes l'alcool, et qui a accepté qu'on prélève son sang.

- **Critères d'exclusion**

Etait exclu de notre étude, tout sujet qui ne répondait pas à nos critères d'inclusion.

2.4 ANALYSES STATISTIQUES

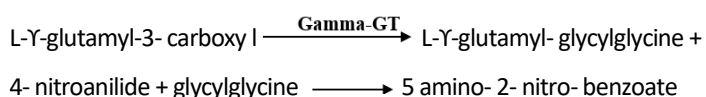
Les données saisies à l'aide du logiciel Excel (Microsoft office Excel 2010) ont été validées et analysées selon les méthodes biostatistiques. L'étape préalable à l'analyse statistique des données a consisté au nettoyage et à la préparation de la base des données (placement des variables à la ligne ou à la colonne du tableur). Les informations obtenues des variables d'intérêts étaient résumées sous forme des tableaux scientifiques.

3 RÉSULTATS

Sous les lignes qui suivent, nous présentons les résultats des analyses biomédicales réalisées

3.1 DOSAGE DE GAMMA GLUTAMYL TRANSFÉRASE

3.1.1 PRINCIPE DE DOSAGE



3.1.2 MODE OPÉRATOIRE

Tableau 1. Dosage de Gamma- Glutamyl Transférase

Pipette dans de cuves	37°C
Solution du travail	1000µl
Echantillon	100µl

Mélanger et lire l’absorbance après 1 minute et déclencher en même temps le chronomètre. Refaire les lectures après exactement 1, 2 et 3 minutes.

Pour réaliser le dosage, nous avons tenu compte du principe et le mode opératoire (cfr le tableau 1 ci-haut).

Finalement, la solution du travail au REF 12013, s’effectue en pipetant 2mL du flacon **SUB** respectivement et bien mélangé dans un flacon **BUF**. Observer le temps de l’incubation avant de procéder à la lecture à travers le spectrophotomètre.

3.1.3 VALEURS USUELLES: À 30°C

- Homme: 8-46 U/l
- Femme: 7-29 U/l

3.1.4 FORMULE:

$\Delta A/\text{min} \times F = \text{UI/l}$

3.2 CARACTÉRISTIQUES DES PARTICIPANTS

Tableau 2. Répartition des enquêtés selon le genre

Genre	EFFECTIF	%
Homme	44	73,3
Femme	16	26,7
Total	60	100

Ce tableau montre que 73,3 % des enquêtés sont du genre Masculin et 26,7 % du genre Féminin.

Tableau 3. Présentation des échantillons enquêtés selon les tranches d’âge et les genres

Tranche d’âge	Genres		Total
	Masculin	Féminin	
21 - 30	14(26,9)	6(11,5)	20(38,5)
31 - 40	12(20)	4(6,7)	16(26,9)
41 - 50	10(19,2)	4(6,7)	14(23,1)
51 – 60	8(13,3)	2(3,3)	10(16,7)
Total	44(73,3)	16(26,7)	60(100)

Il ressort de ce tableau que l’échantillon d’étude était dominé par les sujets de genre masculin avec 44 cas, soit 73,3% contre 16 cas de ceux de genre féminin, soit 26,7%. Les sujets âgés de 21 à 30 ans étaient majoritaires avec 20 cas, soit 38,5% alors que ceux âgés de 51 à 60 ans étaient minoritaires avec 10 cas, soit 16,7%.

3.3 VARIABLES DEPENDANTES DE L'ETUDE

Tableau 4. Valeurs moyennes des paramètres étudiés chez les consommateurs d'Alcool (agène) en fonction des tranches d'âge et des genres

Tranche d'âge	Effectif (%)	Gamma - Glutamyl Transférase	
		Masculin	Féminin
21-30	14(23,3)	18,60	26,07
31-40	16(26,7)	54,58	30,62
41-50	10(16,7)	54,05	44,67
51-60	8(13,3)	65,23	62,5
Moyenne		48,11±5,8	40,96±3,3
Ecart-type		16,29	9,26

Il s'observe dans ce tableau que la valeur moyenne de l'enzyme hépatique dosé chez les consommateurs de l'alcool (Agène) est plus élevée chez les hommes que chez les femmes, soit de 48,11±3,8 U/l, contre 40,96±3,3 U/l, donc un écart-type de 16,29 et 9,26.

La préoccupation majeure dans cette étude était celle de déterminer l'activité de l'enzyme hépatique chez les consommateurs de l'alcool (Agène). Ce faisant, notre discussion porte d'abord sur les caractéristiques socioprofessionnelles des enquêtés retenus pour notre étude, ensuite sur leurs résultats. A l'issue des enquêtes que nous avons menées, la discussion des résultats obtenus de cette étude est faite en rapport avec les variables dépendantes et indépendantes.

4 DISCUSSION DES RÉSULTATS

Pour mener nos investigations, nous avons enregistré un total de 60 consommateurs de l'alcool (Agène), des genres masculin et féminin, dont l'âge varie entre 21 et 60 ans.

Un seul paramètre biochimique a été effectué chez ces derniers, à savoir: Gamma -Glutamyl Transférase. Après quoi, nous avons calculé les différentes fréquences, les moyennes et les intervalles de confiance sur les moyennes des valeurs obtenues selon le genre et l'âge de consommateurs de l'alcool (Agène) examinés.

Le traitement statistique de nos données nous a permis de retenir des informations ci-après:

La population d'étude était majoritairement constituée des sujets de genre masculin avec 44 cas, soit 73,3% contre 16 cas de ceux de genre féminin, soit 26,7%. Les sujets âgés de 21 à 30 ans étaient majoritaires avec 20 cas, soit 38,5% alors que ceux âgés de 51 à 60 ans étaient minoritaires avec 10 cas, soit 16,7%. (Tableau 3).

Il s'observe dans le tableau 4 que la valeur moyenne de l'enzyme hépatique dosé chez les consommateurs de l'Agène est plus élevée chez les hommes que chez les femmes, soit de 48,11±5,8 U/l, contre 40,96±3,3 U/l de GGT.

La littérature nous renseigne que par l'alcool, le travail du foie est considérablement perturbé. En effet, cet organe se consacre dans la destruction de l'alcool, il augmente le volume, ce qui entraîne d'autres maux. Effectivement, ceux qui ont l'habitude de boire supportent plus facilement les boissons alcooliques et deviennent moins rapidement ivres (COURTE JOIE et all, 2009).

Après avoir analysé les résultats de notre étude menée dans le domaine de la santé publique, nous nous sommes rendu compte que nos résultats confirment notre hypothèse selon laquelle: La consommation de l'alcool (Agène) perturberait la fonction hépatique chez certains consommateurs.

La détermination des niveaux de l'enzyme hépatique gamma-glutamyltransférase (gamma GT) chez les consommateurs d'alcool constitue un outil diagnostique précieux pour évaluer l'impact de la consommation d'alcool sur la santé hépatique. Les résultats des études indiquent généralement que la valeur moyenne de l'enzyme hépatique dosé chez les consommateurs de l'Agène est plus élevée chez les hommes que chez les femmes, soit de 48,11±5,8 U/l, contre 40,96±3,3 U/l de GGT.

La détermination des enzymes hépatiques chez les consommateurs d'alcool souligne que l'alcool dégrade principalement dans le foie par l'alcool déshydrogénase (ADH) et l'acétaldéhyde déshydrogénase (ALDH), entraînant des effets toxiques sur les cellules hépatiques. Une consommation excessive provoque une élévation des enzymes hépatiques, comme la gamma-glutamyltransférase (Gamma GT), indiquant des lésions hépatiques. L'arrêt de l'alcool peut réduire ces niveaux, reflétant une amélioration de la santé hépatique.

Lorsque le foie a trop de travail ou qu'il fonctionne moins bien, il réagit en accumulant des graisses résiduelles. Cela affecte son fonctionnement dit normal, pourtant indispensable à notre survie.

Pour atténuer la situation nous suggérons ceux qui suivent:

- Au Gouvernement: de mettre en œuvre des politiques nationales globales en matière d'alcool et porter à l'attention des autorités nationales et provinciales sur les conséquences graves sur la santé publique en fin de réduire le coût social et économique élevé qu'entraîne l'augmentation de la consommation d'alcool.
- Aux scientifiques de continuer des études ultérieures prospectives plus larges comme des études cohortes et randomisées utilisant de grands échantillons et intégrant plusieurs variables soient menées. C'était notre thématique pour rendre plus rationnel l'évaluation de la fonction hépatique des consommateurs de l'alcool (Agène).
- A la communauté de réduire la consommation de l'alcool (Agène) toute en respectant la quantité recommandée par rapport à la consommation

5 CONCLUSION

La présente étude avait pour objectif d'évaluer l'activité de l'enzyme hépatique gamma-glutamyltransférase (GGT) chez les consommateurs d'alcool traditionnel « Agène » dans la zone de santé de Gemena, afin de mettre en évidence d'éventuelles perturbations de la fonction hépatique liées à cette consommation. Les résultats obtenus montrent une élévation notable des taux de GGT chez les sujets consommateurs, confirmant ainsi l'impact délétère de l'alcool sur le foie. Cette élévation était plus marquée chez les hommes que chez les femmes, ce qui pourrait s'expliquer par une consommation plus élevée ou plus régulière chez le sexe masculin, ainsi que par des différences physiologiques dans le métabolisme de l'alcool.

L'analyse des données selon les tranches d'âge a également révélé une tendance à l'augmentation des valeurs de GGT avec l'âge, traduisant une exposition prolongée aux effets toxiques de l'alcool. Ces résultats corroborent les données de la littérature, qui soulignent le rôle central du foie dans la métabolisation de l'éthanol et la sensibilité particulière de cet organe aux effets chroniques de l'alcool.

En définitive, la détermination de la GGT apparaît comme un outil simple, pertinent et fiable pour le dépistage précoce des atteintes hépatiques chez les consommateurs d'alcool. Cette étude met en évidence la nécessité de renforcer les actions de prévention, de sensibilisation et de suivi médical afin de réduire les conséquences sanitaires liées à la consommation excessive d'alcool dans la population de Gemena.

REFERENCES

- [1] Alamowitch C, Pelletien X, Boryx-JM, 2008; effets de la consommation de bière sur le poids et la prise alimentaire des jeunes femmes en bonne santé.
- [2] Basosila LN, 2007; Cours de chimie analytique destiné aux étudiants de G2 labo. Inédit. ISTM/KIN, Kinshasa.
- [3] Bernard M, 1961; Chimie minérale, 2 éd. Paris, P.406
- [4] Blastien O, la Douceur B et Laniel h, 1969, Chimie générale, éd. Revue et corrigée, Montréal, P.544
- [5] Boirie Y, Wqlrand S, Beaufrère B, 2004; Control of amino acid metabolism by lipids, ketone bodies, and glucose substrates. In Metabolic and therapeutic aspects of amino acids in Clinical Nutrition, LA Cynober éd, CRC Press, Boca Raton, 241252.
- [6] Bruylants A et al, 1961; Chimie minérale, éd. Dunod, paris, p 400.
- [7] Buddecke E. 1994; Grundrig der Biochimie, Berlin, 9^{ème} édition.
- [8] Bulow, J. (1982); subcutaneous adipose tissue blood flow and triacylglycerol mobilization during prolonged exercise in dogs. P. flugers Arch, 230-234.
- [9] Couinaud C, 1957, Le foie, Etude anatomiques et Chirurgicales. Masson et Cie, édit, Paris.
- [10] Delannoy P. 1967, Cours de biochimie: Métabolisme des glucides. <https://spiralconnect.univlyon.id=387325/>.
- [11] Domagk GF. 1999, GK1 Biochimie, Sttugart, 13^{ème} édition.
- [12] Frenot M, Veilling F, 1997, biochimie des éléments diététiques du sujet bienportant éd. Dom, bordeaux, p.25.
- [13] Labbe D et al, 1993, Annals du controle de qualités biochimiques, éd. Bio 93, Paris, p 13, 35-47.
- [14] Mario d'Er, 2000. Epocesailles bière et fromages, guide d'accords et de dégustation, autrement, éd. Trécarré, p. 256.
- [15] OMANYONDO OHAMBE, 2021, Cours de la Méthodologie de Recherche Scientifique, L1 santé communautaire, ISTM GNA.
- [16] Paquet N, DeFlines J, Scheen AJ. 2013,68, 272280---L'alcoolisme, un modèle d'addiction aux complications somatiques multiples. Rév Med Liege.
- [17] Pierre J.Courtejoie PJ et Nzangu Maringa, 2009. Rapport Technique n° 650 d'un comité d'expert de l'OMS. Problèmes liés à la consommation d'alcool « alcoolisme » BEPERS Kangu Mayumbe.
- [18] WPTJ. 1993, 103-118 ---Alcohol: its metabolism and effets. In: Garrow JS and James WPT (eds) HumanNutrition and Dietetics, 9th edn. Churchill Livingstone, Edinburgh.

Évaluation de l'efficacité des producteurs de tomates dans le Département de Lac Wey, Tchad: Implications pour une stratégie de développement agricole durable

[Evaluating the Efficiency of Tomato Producers in the Lac Wey Department, Chad: Implications for a Sustainable Agricultural Development Strategy]

Mahamat Mallah Choukou¹ and Gauthier Biauou²

¹Département de l'Economie, Université de Moundou, Moundou, Chad

²Département de l'Economie, de Socio-Anthropologie de Développement Rural, Université d'Abomey-Calavi, Abomey-Calavi, Benin

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

ABSTRACT: This study was conducted to estimate the allocative efficiency of tomato producers in the two (2) production basins of Moundou during the 2025 growing season. Data was collected from 212 tomato producers using a random sampling technique. The cost frontier was determined by applying the self-dual property of the stochastic Cobb-Douglas production function. The estimated average allocative efficiency score was 79%, while only 19% of producers achieved a level above 90%. The allocative efficiency of 28.78% of farmers ranges from 71 to 80%, followed by 22.64% in the range of 81 to 90%. The results illustrate that there is still potential to increase production and reduce costs by 21% at the current level of input use and available technology. The yield coefficient is negative, indicating that a one percent increase in yield reduces the cost by 0.065 percent. The estimated elasticities for land rental and inputs have a positive and significant effect on the total cost of production. An optimal mix of inputs could reduce production costs. Regarding the independent variables, the farmer's age, as an indicator of relevant experience, and access to extension services were found to be significant contributors to allocative efficiency.

KEYWORDS: Stochastic frontier, determinants, cost function, Chad.

RESUME: La présente étude a été réalisée pour estimer l'efficacité allocative des producteurs de tomates dans les deux (2) bassins de production de Moundou, pendant la saison culturale 2025. Les données ont été collectées auprès de 212 producteurs de tomates par le biais d'une technique d'échantillonnage aléatoire. La frontière des coûts a été déterminée en appliquant la propriété auto-duale de la fonction de production stochastique de type Cobb-Douglas. Le score d'efficacité allocative moyenne estimé était de 79 %, alors que seuls 19 % des producteurs ont atteint un niveau supérieur à 90 %. L'efficacité allocative de 28,78 % des agriculteurs varie de 71 à 80 %, suivie de 22,64 % dans la fourchette de 81 à 90 %. Les résultats illustrent qu'il y a encore une possibilité d'augmenter la production et de réduire les coûts de 21 % au niveau actuel d'utilisation des intrants et de la technologie disponible. Le coefficient du rendement est négatif, ce qui montre qu'une augmentation d'un pour cent du rendement réduit le coût de 0,065 pour cent. Les élasticités estimées pour la location des terres et les intrants ont un effet positif et significatif sur le coût total de production. Un mélange optimal d'intrants pourrait réduire le coût de production. En ce qui concerne les variables indépendantes, l'âge de l'agriculteur étant un indicateur de l'expérience pertinente et l'accès aux services de vulgarisation ont été trouvés comme des contributeurs significatifs à l'efficacité allocative.

MOTS-CLEFS: Frontière stochastique, déterminants, fonction des coûts, Tchad.

1 INTRODUCTION

L'agriculture est la plus importante source de revenus au Tchad. Elle représente près d'un quart du produit intérieur brut (PIB) et emploie environ 80 % de la population active et 87 % des moyens de subsistance de la population rurale du pays (GIZ, 2023). Le secteur agricole contribue à la sécurité alimentaire, à la réduction de la pauvreté et au progrès industriel à l'échelon national. La superficie cultivée

est estimée à environ 2 millions d'hectares, soit 1,6% de la superficie totale du pays. Les terres cultivables et les ressources en eau soutiennent le secteur agricole du Tchad, qui s'étend sur une variété de zones écologiques et climatiques [1].

La production de légumes contribue à la sécurité alimentaire et sert de source de subsistance pour la population. La tomate, étant un légume important et majeur dans le monde, est couramment utilisée en cuisine, comme complément de plats frits, dans les pâtes et le jus, etc. Elle contient une riche quantité de vitamines A et C ainsi qu'un antioxydant, le lycopène, qui aide à prévenir différents types de cancer [2]. Les conditions agro-climatiques et les terres fertiles au Tchad boostent la production de légumes. La tomate est parmi les légumes majeurs, cultivés à travers le pays et utilisés toute l'année [1]. Les petits agriculteurs sont les principaux contributeurs à la production de tomates. La tomate est cultivée comme culture de rente dans le monde entier, en raison de sa courte durée, de sa haute valeur économique et de son utilisation variée sous forme crue ou transformée. Le faible prix du marché au moment de la récolte, la nature périssable et le manque d'installations de transformation limitent l'objectif des producteurs de hauts retours nets [3].

L'agriculture tchadienne fournit la matière première nécessaire pour le fonctionnement des industries locales et autres secteurs d'activités. Elle est tout de même pourvoyeuse de produits alimentaires et contribue ainsi à la sécurité alimentaire. Cependant, le secteur agricole tchadien est confronté depuis plusieurs décennies à de nombreuses contraintes dont la mauvaise performance productive des systèmes de cultures et le faible niveau de structuration des filières agricoles. Pour améliorer la performance productive, la compétitivité des produits agricoles sur le marché et garantir un développement agricole durable, plusieurs actions ont été menées par les acteurs publics nationaux et internationaux.

Malgré les politiques de développement agricole mises en place à travers les programmes d'investissements agricoles et autres, la productivité des systèmes de cultures demeure faible au Tchad, le pays reste tributaire aux importations de plusieurs denrées alimentaires pour satisfaire la consommation nationale. D'où l'idée de questionner la capacité des maraîchers de bassin de production de Lac-Taba et de Lac-Wey dans le Département Lac-Wey, province de Logone occidentale, au Tchad, zone par excellence de production des tomates, à produire efficacement. Les cultures maraîchères font partie des produits agricoles à forte valeur économique.

Des études liées à l'efficacité des cultures maraîchères ont été menées [4,5]. Les études ont rapporté une relation positive entre la production de tomates et les caractéristiques socio-économiques des producteurs, telles que l'éducation, l'implication au travail, la taille de la famille, l'expérience en agriculture, l'âge et la taille des terres. Pour améliorer la productivité et l'efficacité, l'étude recommande de se concentrer sur l'accès aux services de vulgarisation, les formations, les compétences et l'éducation de base. Des études ont révélé que les facilités de crédit et l'éducation pouvaient augmenter la productivité des cultures. [6] ont rapporté des rendements élevés des cultures à courte durée (tomate, fraise) par rapport aux cultures à longue durée (blé et canne à sucre). En explorant de tels facteurs, les revenus des agriculteurs peuvent être multipliés dans la zone d'étude. [7] ont évalué l'effet des formations sur la productivité des cultures dans le district de Bajaur. Ces études montrent une conclusion commune et une implication politique qui illustrent l'écart entre les indices d'efficacité minimum et maximum et l'existence d'un potentiel suffisant pour augmenter le niveau de performance actuel.

Selon certaines études, une diminution des coûts des intrants, le développement de technologies à haut rendement et l'amélioration des pratiques de gestion sont des options possibles pour augmenter les bénéfices nets des agriculteurs. Au Tchad, au niveau national, les prix de l'énergie (électricité, gaz, produits pétroliers) sont continuellement révisés à la hausse, ce qui augmente régulièrement les prix des intrants agricoles. De même, le développement de variétés nécessite plusieurs années pour être développé et accepté par la communauté agricole. Par conséquent, la seule option disponible pour diminuer les coûts de production et augmenter la productivité est de se concentrer sur les pratiques de gestion. Selon [8], dans le contexte de l'économie, l'amélioration des pratiques de gestion est examinée en termes d'efficacité technique et d'efficacité allocative.

Cette étude a pour objectifs de déterminer les inefficacités de coûts, le cas échéant, les déterminants du coût de production, le score d'efficacité allocative des exploitants agricoles et de formuler des recommandations basées sur les résultats de l'étude. L'étude a une importance à la fois pratique et théorique. Elle fournirait des informations à jour aux producteurs de tomates, aux décideurs et à d'autres parties concernées. Une analyse approfondie des facteurs affectant la performance des producteurs à chaque niveau des provinces est nécessaire pour combler le fossé entre les indices d'efficacité. L'analyse de l'efficacité fournira des informations sur la manière dont les producteurs de tomates allouent les facteurs de production et le potentiel d'amélioration de la productivité; ce qui va contribuer à la compétitivité de ces produits, voire la redynamisation de la filière.

Par ailleurs, au plan théorique très souvent, le concept de l'efficacité économique utilisée comme étant la norme des choix sociaux, a fait l'objet des débats controversés. Dans la théorie néo-classique, elle est définie sous plusieurs formes. En effet, l'efficacité technique est réalisée lorsque pour une production donnée, il est impossible d'obtenir une quantité produite plus importante avec les facteurs de production utilisés. Cette conception de l'efficacité technique donne lieu à un premier débat, à savoir si les différences de productivité des facteurs entre les entreprises pouvaient être considérées comme une preuve de gaspillage ou d'inefficacité. Les entreprises qui produisent un même bien étaient-elles soumises à une même technologie et donc représentables par une fonction de production identique ? L'efficacité technique est-elle toujours atteinte ? L'efficacité allocative quant à elle est atteinte au sein d'un groupe d'agents lorsqu'il est impossible d'améliorer la situation de ces agents économiques par des réallocations de ressources entre eux.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

L'étude a été réalisée dans le Département de Lac-Wey, province de Logone occidentale. L'étude a été conduite dans l'une grande zone productrice de tomate au Sud du Tchad, à savoir les Bassins de production de Lac-Taba et de Lac-Wey dans la ville de Moundou. Ces deux arrondissements ont été choisis car des Projets de Développement agricole appuient leurs producteurs. Ces arrondissements ont été choisis en raison de leur importance dans la production de tomate. Ce Département est important pour la production d'autres légumes et de vergers de fruits également. Il joue un rôle essentiel dans la chaîne d'approvisionnement alimentaire de la région en raison de l'excellente géographie et du climat, qui favorisent un secteur agricole robuste. En tenant compte des faits ci-dessus, la ville de Moundou dans la province du Kanem a été sélectionné pour réaliser l'étude.

La formule de [9], pour la détermination de la taille de l'échantillon et la technique d'allocation proportionnelle de [10], ont été appliquées pour la sélection des répondants dans la zone d'étude comme indiqué dans le Tableau 1. La taille de l'échantillon a été déterminée par la formule de [9]. Mathématiquement, on a:

$$n = z^2 * p (1-p) / m^2 \quad (1)$$

n = taille de l'échantillon

z = niveau de confiance selon la loi normale centrée réduite (dans cette étude, $z = 1,96$ pour un niveau de confiance de 95%)

p = proportion estimée de la population des producteurs de tomate (dans cette étude, $p = 11,6\%$)

m = marge d'erreur tolérée (dans cette étude, $m=5\%$)

A partir de la formule de l'équation (1), la taille de l'échantillon obtenue est de 212, répartie dans les deux arrondissements choisis.

Tableau 1. Taille de l'échantillon et allocation proportionnelle dans la zone d'étude

Département	Ville	Bassin de production	Nombre des exploitants agricoles	Taille de l'échantillon
Lac-wey	Moundou	Lac-Taba	152	109,8 ≈ 110
		Lac-Wey	136	101,7 ≈ 102

Source: Données des enquêtes 2025.

2.2 APERÇU HISTORIQUE DE LA FRONTIERE DE COUT ET DE L'EFFICACITE ALLOCATIVE

Pour la fonction de coût, la méthode d'analyse de la frontière de coût stochastique a été utilisée. La fonction de coût est une relation entre le coût des intrants et la production générée à ces coûts. La disponibilité des prix des intrants présume que les agriculteurs ont agi en minimisant les coûts. Traditionnellement, la méthode de régression des moindres carrés ordinaires (OLS) était utilisée pour décrire la technologie de production. L'OLS produit des valeurs moyennes au lieu de valeurs maximales et minimales. Cependant, l'efficacité calculée par [11] représente la production maximale réalisable à partir d'une certaine quantité d'intrants.

La littérature a souligné qu'en agriculture, l'analyse liée à l'efficacité est importante tant pour les économies développées que pour les économies en développement. Historiquement, le secteur agricole a également fourni des ressources productives à d'autres industries agroalimentaires avec des progrès dans sa productivité et son efficacité. La littérature relative à l'efficacité agricole depuis 1950 jusqu'à aujourd'hui peut être catégorisée en trois périodes distinctes. Avant le développement de l'Analyse d'Enveloppement des Données (DEA) et de l'Analyse du Frontière Stochastique (SFA), des techniques économétriques simples et des indices étaient utilisés. Cependant, jusqu'à la fin des années 1980, un mélange de DEA et SFA, diverses formes fonctionnelles, techniques d'estimation, impact de la taille de l'échantillon et erreurs économétriques ont été intégrés et essayés [12].

En économie de la production, le concept de dualité est corrélé avec les modèles d'optimisation, dans l'optimisation soumise à certaines contraintes, soit une fonction maximale soit une fonction minimale peut représenter le primal. Si c'est une fonction de maximisation, la fonction de minimisation correspondante sera le dual et vice versa. Dans la relation duale, les informations du primal peuvent être obtenues à partir du dual, de la même manière, le dual peut être examiné à partir du primal correspondant. Dans un contexte de l'insécurité alimentaire grandissante, [8] ont utilisé la méthode de DEA pour analyser l'efficacité allocative des producteurs de maïs dans le Kanem, au Tchad; Pour une fonction de production à un seul input, la fonction de coût duale sera la suivante: Fonction de production à seul input:

$$Y = x^b \quad (2)$$

En termes physiques, cela sera:

$$X = Y^{1/b}$$

En le multipliant par le prix, cela devient.

$$VX = VY^{1/b}$$

Où; v représente les prix des intrants.

Bravo-Ureta et Pinheiro (1997) ont dérivé la frontière des coûts correspondante comme suit:

$$Y = f(X_i, \beta_i) \quad (3)$$

$$C \geq f(P, Y, \alpha) \quad (4)$$

L'Équation 4 précise que le coût observé dépend des prix des intrants P et du rendement ou de la production (Y). L'Équation 4 illustre également que le coût minimum est inférieur ou égal au coût observé. La forme fonctionnelle de l'Équation 4 suivant [13] est la suivante:

$$\ln C_i = \omega^0 + \sum_{n=1}^N \omega_n \ln P_i X_i + \sum_{m=1}^m \omega_m \ln P_i X_i \ln Y_{mi} + (V_i + \mu_i) \quad (5)$$

Dans l'équation 5, V_i représente les erreurs d'approximation, le bruit statistique et les perturbations non contrôlées. Tandis que le terme μ_i décrit l'inefficacité allocative. Selon [13], dans la fonction de production, les producteurs inefficients opèrent en dessous de la frontière des possibilités de production, ce qui signifie que la frontière est convexe par rapport à l'origine, tandis que dans la frontière des coûts, les producteurs inefficients opèrent au-dessus de la frontière de coût minimum. La frontière des coûts est concave par rapport à l'origine, donc le terme $\omega = V_i + \mu_i$ sera modifié en $\omega = V_i - \mu_i$. Où, V_i représente des facteurs comme les inondations, le changement climatique, les pandémies, etc., qui échappent au contrôle des cultivateurs, tandis que μ_i représente l'inefficacité de la part des agriculteurs, comme le non-respect des taux et des moments appropriés d'application des intrants, etc.

2.3 MODELE D'ESTIMATION DE L'EFFICACITE ALLOCATIVE DANS L'ETUDE ACTUELLE

L'efficacité allocative peut être interprétée dans le contexte à la fois de la minimisation des coûts et de l'approche de maximisation des profits. Selon [14], l'efficacité allocative générale pour les données transversales peut être estimée en égalisant le produit de valeur marginale (PVM) et le coût marginal des facteurs (CMF).

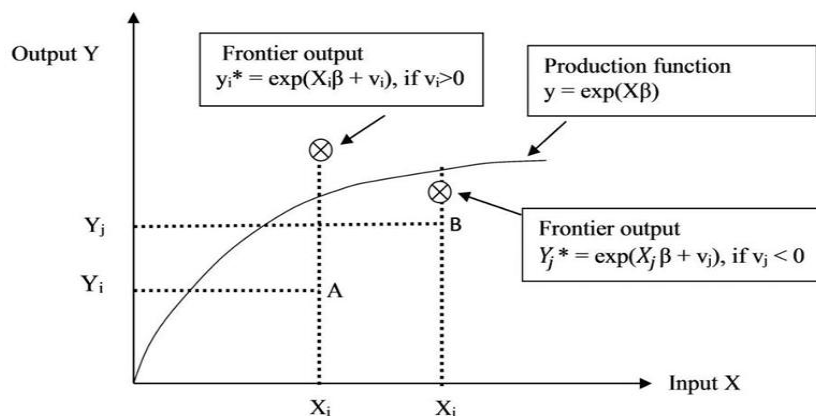


Fig. 1. Illustration of my stochastic frontier production function of a simple firm

Dans la présente étude, la propriété auto-duale de la fonction de production de type Cobb-Douglas a été appliquée pour arriver à la frontière des coûts, servant de base pour estimer l'efficacité allocative des producteurs de l'échantillon. La propriété auto-duale de la fonction de production de type Cobb-Douglas a été privilégiée car elle est liée à l'optimisation du modèle sous certaines contraintes. Selon [15] en optimisation, soit la maximisation soit la minimisation représentent le primal. Dans la relation duale, la solution au primal peut être obtenue à partir du dual correspondant. Dans cette étude, la frontière des coûts est le dual correspondant de la frontière de production. Cette méthode a été appliquée par [16]. La forme fonctionnelle spécifique était la suivante:

$$\ln C_i = \alpha_0 + \sum_{j=1}^{n=i} \alpha_j \ln P_j + \alpha_j \ln Y^* + j \quad (6)$$

Où; C_j = coût total engagé sur les intrants (Rendement/hectare), Y^* = rendement de tomate pour l'année étudiée en kg ha^{-1} , p_1 = location de la terre par hectare du $j^{\text{ième}}$ agriculteur (Rdt, ha^1), p_1 = coût de la main-d'œuvre pour toutes les activités (Rdt, ha^1), p_1 = coût des semences (Rdt, ha^1), p_1 = coût des heures de tracteur pour la préparation du sol (Rdt, ha^1), p_1 = coût de l'irrigation pour toute la saison (Rdt, ha^1), p_1 = coût des engrais uréiques (Rdt, ha^1), p_1 = coût du DAP par ha (Rdt, ha^1), p_1 = coût du fumiers (Rdt, ha^1), p_1 = coût des pesticides jusqu'à la récolte (Rdt, ha^1), ε_i = terme d'erreur ($\mu_i - \mu_i$); α_0 = interception du modèle; α_i = paramètres du modèle.

Dans l'équation ci-dessus, \ln , α_0 et α_i représentent le logarithme naturel, l'ordonnée à l'origine et les paramètres du modèle qui doivent être estimés. Le coût des intrants et le rendement des tomates dans la zone d'étude ont été considérés sous forme logarithmique comme variables explicatives dans la fonction de coût.

2.4 EFFICACITÉ ALLOCATIVE DE L'AGRICULTEUR

Pour les estimations d'efficacité allocative de l'agriculteur individuel, le rapport entre le coût minimum et le coût observé a été considéré. Cette méthode a également été appliquée par [17] dans leurs études:

$$AE_j = C_i^* / C_j \quad (7)$$

Où; AE_j = Efficacité allocative de producteur de tomates dans la zone d'étude, C_i^* = coût minimum possible du $i^{\text{ième}}$ producteur de tomates, C_j = Coût observé pour le $j^{\text{ième}}$ producteur de tomates.

Alors que le niveau d'inefficacité allocative d'un producteur de tomates a été calculé en utilisant la formule suivante:

$$\text{Inefficacité allocative} = 1 - \text{Efficacité allocative} = 1 - [\text{coût minimum } (C_i^*)] / [\text{coût observé } (C_j)]$$

Pour le modèle d'inefficacité allocative, un terme d'erreur non contrôlé ($v_i \sim N(0, \sigma_v^2)$) distribution normale et le terme d'inefficacité ($u_i \sim N(0, \sigma_u^2)$) distribution demi-normale ont été supposés. Les déterminants ont été exprimés comme suit:

$$\mu_j = \delta_0 + \delta_1 Z_{1j} + \delta_2 Z_{2j} + \delta_3 Z_{3j} + \delta_4 Z_{4j} + \omega_i \quad (8)$$

Où; μ_j = Variable dépendante pour l'inefficacité allocative, Z_{1j} = Âge du cultivateur de tomates (années), Z_{2j} = Années d'étude de l'agriculteur, Z_{3j} = Taille de la famille du producteur de tomates (n°), Z_{4j} = accès aux services de vulgarisation de tomates durant toute la saison 2025 (N_0), ω_i = Terme d'erreur aléatoire ayant une distribution normale avec une moyenne de 0 et un σ^2 constant, δ_0 représente la constante pour le modèle d'inefficacité considéré et δ_j sont les paramètres à estimer.

3 RÉSULTATS

3.1 LES CARACTERISTIQUES SOCIO-ÉCONOMIQUES DES REpondANTS

Dans cette étude, ces caractéristiques sont présentées dans le tableau 2. L'âge moyen des répondants était de 39,43 ans, allant d'un minimum de 22 à un maximum de 71 ans. L'âge moyen montre que les répondants sont dans la tranche d'âge active. L'âge a été considéré comme un indicateur de l'expérience. Le tableau 2 montre que dans la zone d'étude, les agriculteurs sont en moyenne instruits jusqu'au niveau primaire, tandis que le niveau d'éducation maximum observé était intermédiaire. Dans cette étude, la taille moyenne des familles était de 14,12 personnes, ce qui montre la culture de la famille élargie dans la zone d'étude. Il est couramment soutenu que l'accès aux services de vulgarisation améliore l'efficacité. Grâce aux contacts avec les agents vulgarisateurs, les exploitants agricoles ont accès à des informations sur le marché, aux meilleures pratiques disponibles et à de nouveaux intrants. En raison de la courte durée de conservation des tomates, les services de vulgarisation sont essentiels pour éviter et réduire les pertes économiques pour les agriculteurs. Le nombre moyen de contacts avec les agents vulgarisateurs était de 6,5 avec un maximum de 9 pendant toute la période. Une augmentation des contacts avec les agents vulgarisateurs reflète l'importance de la culture et l'intérêt des agriculteurs.

Tableau 2. Statistiques descriptives des variables socio-économiques

Variable	Observations	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
Age (année)	212	39,43	11,16	22	71
Education (année)	212	5,68	3,55	2	9
Taille de famille	212	14,12	6,43	6	16
Service de vulgarisation	212	6,5	2,32	2	9

Source: Données des enquêtes 2025.

3.2 COUT DES INTRANTS PAR HECTARE ET ANALYSE DES RENDEMENTS NETS

Les inputs, la quantité utilisée par hectare, le prix unitaire et les estimations de valeur totale sont donnés dans le tableau 3. Le tableau 3 montre que la valeur de location des terres est élevée, suivie par la main-d'œuvre, l'irrigation, les semences, le Di-Ammonium Phosphate (DAP) et d'autres. La location des terres varie en fonction de la culture cultivée, de son profit et de sa disponibilité. Le coût total de production par hectare est de 227250 FCFA. La valeur de la production est d'environ 3225000 FCFA entre le coût total et le revenu total donne un bénéfice de 2947500 FCFA.

Tableau 3. *Analyse des coûts par hectare et des rendements nets dans la zone d'étude*

Input	Unité	Quantité/ha	Prix/unité	Montant
Location de terre	Ha	1	10000	10000
Coût de tracteur	Heure	10	2500	25000
Coût de semence	Grammes	150	25000	75000
Coût de la main d'œuvre	Jour	200	2000	40000
Coût de l'urée	Kg	50	460	23000
Coût de DAP	Kg	50	460	23000
Engrais organiques	Kg	100	500	50000
Pesticide	Litre	2,5	4500	11250
Irrigation	Nombre	40	500	20000
Coût total (CT)	FCFA	277250		
Revenu total (RT)				
Quantité produite	Kg	21500	150	3225000
Revenu net (RT-CT)	FCFA/ha			2947500

Source: Calcul de l'auteur à partir des données primaires (2025).

3.3 ESTIMATIONS DE LA FONCTION DE COUT, D'INEFFICACITE ALLOCATIVE ET DE PARAMETRES DE VARIANCE

Pour l'analyse des données, la technique de l'estimation par maximum de vraisemblance a été appliquée pour trouver les principaux facteurs qui influencent le coût de production et l'efficacité allocative dans la zone d'étude. Les résultats de la fonction de coût sont présentés dans le tableau 4. Une dizaine de paramètres ont été estimés dans le cadre de la fonction de coût et du modèle d'inefficacité. Le tableau 4 montre que le coefficient de rendement est négatif et significatif au niveau de signification de 5 %. Son élasticité estimée illustre qu'une augmentation de un pour cent de la production peut réduire le coût de 0,065 %.

Les élasticités estimées montrent qu'une augmentation d'un pourcent de la quantité des intrants pourrait augmenter le coût total de 0,394 % pour les semences, de 0,251 pour la main d'œuvre, de 0,011 pour les heures de tracteur, de 0,020 pour l'urée, de 0,041 pour le DAP, de 0,174 pour les engrais organiques, de 0,017 pour les pesticides, de 0,89 pour l'irrigation et de 0,164 pour la location des terres, respectivement. Le coefficient des heures de tracteur est positif mais non significatif, ce qui signifie que sa contribution au coût total par rapport aux autres intrants est moins importante.

Tableau 4. *Modèle de régression, estimations de l'inefficience allocative et paramètres de variance*

Variables	Paramètres	Coefficients	Ecart-type	T value	P value
Constant	α_0	1.471	0.188	0.000	0.000
Ln (rendement)	α_1	-0.065	0.016	0.609	0.575
Ln (coût des semences)	α_2	0.394	0.006	97.600	0.000
Ln (Coût de main d'œuvre)	α_3	0.251	0.004	28.980	0.000
Ln (Coût de tracteur)	α_4	0.011	0.006	1.670	0.117
Ln (Coût de l'urée)	α_5	0.020	0.004	6.640	0.000
Ln (Coût de DAP)	α_6	0.041	0.003	8.760	0.000
Ln (Coût des fumiers)	α_7	0.174	0.004	5.721	0.000
Ln (Pesticides)	α_8	0.017	0.002	9.990	0.000
Ln (Irrigation)	α_9	0.089	0.021	3.340	0.003
Ln (Location de terres)	α_{10}	0.164	0.011	15.453	0.000
Estimations du modèle d'inefficience allocative					
Constant	δ_0	0.000356	0.0036144	0.31	0.362
Accès à la vulgarisation	δ_1	-0.00032	0.0000613	-3.603	0.002
Taille de famille (nombre)	δ_2	0.0003251	.0001632	1.31	0.199
Education (année)	δ_3	0.0000712	0.0001169	0.55	0.473
Age (année)	δ_4	-0.000218	0.0001302	-1.995	0.001
Sigma V	σ_v			0.061	
Sigma U	σ_u			0.053	
Lambda (σ_u / σ_v)	Λ			1.271	
Gamma ($\sigma^2\mu / (\sigma^2\mu + \sigma^2u)$)	Γ			0.71	

Source: Calcul personnel à partir des données d'enquête, 2025.

Dans le modèle d'inefficience, l'âge du chef d'exploitation agricole, l'éducation formelle, la taille de la famille et les services de vulgarisation ont été considérés comme des variables indépendantes. Dans cette étude, le producteur de tomates a été considéré comme le chef d'exploitation et son âge a été pris comme un proxy pour l'expérience pertinente. La valeur gamma (γ) estimée est de 0,71, ce qui montre que 71 % de la variation des coûts de production de tomates parmi les producteurs est associée à l'inefficacité allocative des producteurs. La valeur gamma représente des facteurs que les producteurs peuvent gérer, comme l'ajustement des intrants, la réallocation des ressources et le moment de l'application, etc.

3.4 ANALYSE DE L'EFFICACITÉ ALLOCATIVE

La distribution de fréquence de l'efficacité allocative des exploitants échantillonnés est donnée dans le tableau 5. Le niveau minimum d'efficacité allocative est d'environ 65 % et le maximum est d'environ 90 %. Environ 29 % des exploitants agricoles ont un niveau d'efficacité allocative compris entre 71 et 80 %, suivis de 22,43 % qui se situent entre 81 et 90 %, et 14,48 % des répondants ont été trouvés dans la plage de 50 à 60 %. Les résultats estimés présentés dans le tableau 6 démontrent que les répondants réalisent en moyenne une efficacité allocative d'environ 79 %.

Tableau 5. *Répartition des fréquences des répondants de l'échantillon en fonction du niveau d'efficacité*

Niveau d'efficacité	Fréquence	Pourcentage total
50-60	30	14.150
61-70	34	16.37
71-80	61	28.777
81-90	48	22.641
> 90	39	18.396
Total	212	100

Source: Calcul personnel à partir des données d'enquête, 2025.

Tableau 6. Efficacité allocative descriptive

Estimation	Niveau
Moyenne	0.79
Ecart-type	0.051
Minimum	0.69
Maximum	0.90

Source: Calcul personnel à partir des données d'enquête, 2025.

4 DISCUSSION

4.1 LES CARACTERISTIQUES SOCIO-ÉCONOMIQUES DES REpondANTS

Les résultats montrent que dans la zone d'étude, certains facteurs sociodémographiques influencent les choix des producteurs. Ces résultats corroborent avec d'autres études. Les caractéristiques socioéconomiques telles que l'âge, l'éducation, la taille de la famille, l'accès aux services de vulgarisation, etc., influencent les choix de subsistance des agriculteurs, [18] et [8]. Les agriculteurs plus âgés sont expérimentés mais peuvent être averses aux risques et au poids de la tradition. D'autre part, les agriculteurs plus jeunes pourraient être des preneurs de risques, prêts à adopter de nouvelles techniques et donc efficaces.

L'éducation joue un rôle dans la prise de décision rapide, l'utilisation rationnelle des ressources, etc. Selon [19], un maximum de problèmes économiques et sociaux est dû à un faible niveau de réussite éducative. Les agriculteurs ayant un niveau d'éducation plus élevé sont censés avoir de bonnes compétences en gestion et moins d'inefficacité. Selon [20], l'éducation et l'expérience sont toutes deux importantes pour faire face aux évolutions rapides des systèmes agricoles.

La taille de la famille représente toutes les personnes actives sous la responsabilité de chef du ménage. Selon [17], un nombre élevé d'actif agricole a l'avantage d'avoir une main-d'œuvre familiale durant la période des activités agricoles. Les membres de la famille sont motivés en raison des avantages directs provenant de leurs exploitations. Cependant, un excès de travail familial entraîne également une inefficacité en raison du chômage caché, par conséquent, on s'attend à des signes à la fois positifs et négatifs pour le coefficient estimé de la taille de la famille par rapport à l'inefficacité.

4.2 ESTIMATIONS DE LA FONCTION DE COUT, D'INEFFICACITE ALLOCATIVE ET DE PARAMETRES DE VARIANCE

Le résultat obtenu dans cette étude sur les facteurs d'inefficacité allocative est conforme aux conclusions rapportées par [21] et [4]. Ils ont souligné que la relation négative entre la production et le coût de production met en évidence l'économie d'échelle. Dans les économies d'échelle, l'augmentation de la production entraîne une diminution du coût de production correspondant. Les résultats montrent que dans la production de tomates, les coûts des semences, de la main-d'œuvre, de l'urée, du DAP, des engrais organiques (fumier), des pesticides, de l'irrigation et de la location des terres sont des facteurs de coût majeurs qui ont un signe positif et sont significatifs au niveau de 5 % spécifié. De même, l'éducation formelle et l'augmentation de la taille des ménages ont montré relation positive avec l'inefficacité allocative. Une raison possible de relation directe entre l'inefficacité et l'éducation formelle peut être la concentration des jeunes diplômés sur des emplois aux rendements rapides, des affaires informelles dans différentes villes du pays et le travail salarié. Lors de l'enquête, cette tendance a été constatée dans la zone d'étude. Selon [18], les personnes éduquées essaient de trouver des opportunités de revenus hors agriculture et accordent moins d'attention à l'agriculture. D'un autre côté, l'éducation est moins efficace dans les régions où les producteurs utilisent des méthodes traditionnelles en agriculture. [22] ont également rapporté une relation positive entre l'éducation formelle et l'inefficacité. [23] ont noté une relation négative entre l'éducation formelle et l'inefficacité.

4.3 ANALYSE DE L'EFFICACITÉ ALLOCATIVE

Les résultats de cette étude montrent un score d'efficacité allocative de la tomate supérieur à 50%. [23] ont mené une étude sur l'efficacité de la tomate à Peshawar, rapportant un score moyen d'efficacité allocative de 56 %. Aucune des performances des producteurs n'atteignait un score d'efficacité allocative de 100 %. Il a été recommandé que les gestionnaires de ferme allouent les ressources aux meilleures alternatives disponibles. De même, Ahmad et al. (2019) ont étudié l'efficacité allocative dans le district de Mardan, ils ont constaté que l'urée, le DAP et la main-d'œuvre sont sous-utilisés, et leur réajustement pourrait améliorer le niveau de performance des producteurs.

5 CONCLUSIONS

Étant donné qu'un pays connaît de nombreux défis en cours tels que le changement climatique, l'augmentation de la dette extérieure, l'inflation, l'instabilité politique et la dépendance au secteur agricole, il est nécessaire d'atteindre un haut niveau d'efficacité dans la production agricole. Dans la présente étude, le coût total de production était la variable dépendante, tandis que le rendement des tomates et le coût des facteurs, à savoir les semences, la main-d'œuvre, les heures de tracteur, l'urée, le DAP, le fumier, les pesticides, l'irrigation et le loyer des terres, étaient des variables indépendantes. La propriété auto-duale de la fonction de production de type Cobb-Douglas a été utilisée pour aboutir à une fonction de coût de frontière stochastique.

Les résultats du modèle illustrent que le rendement est négativement corrélé avec le coût de production, tandis que d'autres facteurs, c'est-à-dire, les semences, le travail, les heures de tracteur, l'urée, le DAP, le fumier, les pesticides et l'irrigation ont une contribution positive et significative au coût total estimé. En ce qui concerne les caractéristiques socio-économiques, l'âge des exploitants agricoles et les contacts avec les services de vulgarisation présentent une relation négative avec l'inefficacité allocative, tandis que l'éducation et la taille de la famille ont une relation positive mais non significative avec l'inefficacité.

Les résultats illustrent que le score moyen d'efficacité allocative est de 79 %, tandis que l'inefficacité allocative globale est de 21 % dans la production de tomates de la zone d'étude. L'inefficacité a un impact nuisible sur le revenu des exploitations agricoles. Pour assurer la sécurité alimentaire et répondre à la demande croissante du marché pour les tomates fraîches, qui sont un légume majeur, il est nécessaire de se concentrer sur les facteurs d'inefficacité spécifiques aux exploitations via des politiques nationales. Le tableau de distribution de fréquence montre que le maximum des répondants se situe dans la plage de 70 à 80 % d'efficacité allocative. Un score supérieur à 90 % n'a été noté que pour 18,39 % des producteurs au total dans la zone d'étude. Une assistance technologique et technique à travers le département d'extension et des politiques pour garder les producteurs expérimentés impliqués dans la production de tomates pourraient contribuer à un score d'efficacité allocative maximal dans la zone d'étude.

REFERENCES

- [1] FAO (Food and Agricultural Organization), Year wise world tomato Statistics, 2016. <http://www.faostat.fao.org>
- [2] Adenuga, A.H., A. Muhammad-Lawal and O.A. Rotimi. Economics and technical efficiency of dry season tomato production in selected areas in Kwara State, Nigeria. *Agris On-Line Papers Econ. Inform*, 5 (1), 2013. http://online.agris.cz/files/2013/agris_on-line_2013_1.pdf#page=15.
- [3] Kirby, J.M., M. Mainuddin, F. Mpelasoka, M.D. Ahmad, W. Palash, M.E. Quadir and M.M. Hossain, The impact of climate change on regional water balances in Bangladesh. *Clim. Change*, 2016, 135: 481-491, 2016. DOI <https://doi.org/10.1038/s41598-022-26807-6>.
- [4] Younas, H., K.N. Sadozai, A. Ali. et Rizwan A., Efficacité technique et analyse économique de la production de tomates dans le Khyber Pakhtunkhwa: une approche stochastique de la frontière. *Journal de l'agriculture de Sarhad*, 40 (3): 928-942, 2024. DOI | <https://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2024/40.3.928.942>
- [5] Sadozai, A.K., Sun, C., Demetriou, E.A. et al. Executive functioning in children with neurodevelopmental disorders: a systematic review and meta-analysis. *Nat Hum Behav* 8, 2357-2366 2024. <https://doi.org/10.1038/s41562-024-02000-9>.
- [6] Afridi, G.S., M. Ishaq and S. Ahmad, Cost and revenue analysis of strawberry production in the sub-tropical areas of NWFP, Pakistan. *Pak. J. Life Soc. Sci*, 7 (1): 59-65, 2009. https://www.researchgate.net/publication/268800922_Cost_and_Revenue_Analysis_of_Strawberry_Production_in_the_Sub-Tropical_Areas_of_NWFP_Pakistan.
- [7] Sanaullah and U. Pervaiz, An effectiveness of extension trainings on boosting agriculture in Federally Administered Tribal Areas (FATA) of Pakistan: An evidence from Bajaur Agency, 2019.
- [8] Choukou, M. M., Zannou, A., Biaou, G., & Ahohuendo, B., Analysis of the economic efficiency of resource allocation in maize production in Kanem, Chad, *Moroccan Journal of Agronomic and Veterinary Sciences*, 2017, 5 (2), 200-209, 2017. http://agrimaroc.org/index.php/Actes_IAPH2/article/view/530.
- [9] Yamane, T. *Statistics, an introductory analysis*, 2nd Ed, New York: Harper and Row, 1967. <https://www.scirp.org/journal/jep>.
- [10] Cochran, W.G. *Sampling techniques*, 3rd Edition, John Wiley and Sons, New York, pp. 3745, 1977.
- [11] Farrell, M.J. The measurement of productive efficiency. *J. R. Stat. Soc. Ser. A*, 120: 253-290, 1957. <https://doi.org/10.2307/2343100>.
- [12] Darku, A.B., S. Malla and K.C. Tran, Historical review of agriculture efficiency studies. *CAIRN, An ERCA Research Network*, 2013. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.4833.2007>.
- [13] S Biaou, GN Gouwakinnou, HSS Biaou, MS Toviheji, Identification des facteurs de changement dans l'utilisation des sols et l'occupation des sols: méthodes et études de cas de deux réserves forestières du nord du Bénin, *Environnement, développement et durabilité*, 2022.
- [14] Bashir, M. and D. Khan, An analysis of allocative efficiency of wheat growers in Northern Pakistan. *The Pakistan Development Review*, 44: 4, 643-657, 2005.

- [15] Debertin, David L. Agricultural Production Economics. Agricultural Economics, Textbook Gallery, 2012.
https://uknowledge.uky.edu/agecon_textbooks/1.
- [16] Sajjad, M., Economic efficiency of milk production in Khyber Pakhtunkhwa. Ph.D thesis submitted to the Department of Agricultural and Applied Economics, 2012.
- [17] Ali, A. and A.U. Jan, Analysis of technical efficiency of sugarcane crop in Khyber Pakhtunkhwa: A stochastic frontier approach. *Sarhad J. Agric*, 2017, 33 (1): 69-79, 2017. DOI: 10.17582/journal.sja/2017.33.1.69.79.
- [18] Ali, A., Economic efficiency of sugarcane crop in Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. Ph.D thesis submitted to the Department of Agricultural and Applied Economics. The University of Agriculture Peshawar, Khyber Pakhtunkhwa Pakistan, 2018.
- [19] Niazi, M.I. and A. Khan, The impact of education on multidimensional poverty across the regions in Punjab. *J. Elemen. Educ.*, Pakistan Economic, 21 (1): 77-89, 2012.
https://www.researchgate.net/publication/265479721_The_Impact_of_Education_on_Multidimensional_Poverty_across_the_regions_in_Punjab.
- [20] Abedullah, S. Kouser and K. Mushtaq. Analysis of technical efficiency of rice production in Punjab (Pakistan) Implication for future investment strategies. *Pak. Econ. Soc. Rev*, 45 (2): 231, 2007.
https://www.researchgate.net/publication/238091749_Analysis_of_technical_efficiency_of_rice_production_in_Punjab_Pakistan_Implications_for_future_investment_strategies.
- [21] Fatima, H., L. Almas and B. Yasmin, Allocative efficiency and profitability analysis of high-tech cotton-melon multiple cropping system in Punjab, Pakistan. *Sarhad J. Agric*, 33 (1): 117-126, 2017.
<http://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2017.33.1.117.126>
- [22] Musaba, E. and Bwacha, I. Technical efficiency of small scale maize production in Masaiti District, Zambia: A stochastic frontier approach. *J. Econ. Sustain. Developm*, 5 (4): 104-111, 2014.
<https://www.iiste.org/Journals/index.php/JEDS/article/view/11272/11575>.
- [23] Khan, H. and F. Ali. Measurement of productive efficiency of tomato growers in Peshawar, Pakistan. *Agric. Econ. Czech*, 59: 381-388, 2013.
https://www.researchgate.net/publication/364647048_Himayatullah_Khan_and_Farman_Ali_2013_Measurement_of_Productive_Efficiency_of_Tomato_Growers_in_Peshawar_Pakistan_Agricultural_Economics_AGRIC_ECON_CZECH_59_8_381-388.

Comparative analysis of machine learning and deep learning approaches for predicting student dropout in higher education

Achi Harrisson Thiziers and Koné Moussa

ISN Training and Research Unit, Virtual University of Côte d'Ivoire, Abidjan, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: Student dropout rates are a major challenge for higher education. Both parents and academic institutions are seeking to reduce this phenomenon by investigating its root causes, as it has economic, social and institutional consequences. Based on an academic dataset enriched by SMOTE balancing, one-hot encoding and scaling, this article explores the application of machine learning (Random Forest, Gradient Boosting) and deep learning (MLP and CNN) techniques to predict this phenomenon and consider possible solutions. Exploring various data, such as grades, absences, failures, study time and family support, the models were compared through these metrics: Accuracy, F1-score, AUC-ROC, PR-curve. The results reveal the effectiveness of Gradient Boosting and Random Forest models (with an F1-score close to 1) over those of Multilayer Perceptron (F1-score = 0.84) and Convolutional Neural Networks (F1-score = 0.82). Analysis of the variables confirms the importance of mid-term marks (G2), absences and previous failures as key predictors. The article provides recommendations, including the parameters to be taken into account in early prediction, and opens up prospects for future work.

KEYWORDS: student dropout, machine learning, early prediction, random forest, gradient boosting.

1 INTRODUCTION AND STATE-OF-THE ART

1.1 OBJECTIVES

The phenomenon of dropping out of higher education remains a serious problem worldwide and has significant repercussions for individuals and society. It not only affects students' academic careers, but also generates economic and institutional losses for higher education institutions. In this context, the development of highly accurate and useful predictive indicators for identifying at-risk students over time is necessary in order to plan targeted actions.

In the academic environment, the application of artificial intelligence, more specifically machine learning and deep learning, has shown a certain degree of effectiveness in the science of prediction. These models are capable of tracing patterns from a wealth of varied information, including socio-demographic parameters, academic data and behaviours inherited from information systems. Although several studies have proven the effectiveness of classical supervised algorithms such as Random Forests (RF), Support Vector Machines (SVM) or ensemble methods such as XGBoost or LightGBM, more recent work has explored more sophisticated models, including Deep Neural Networks and even Graph Neural Networks (GNN) to capture latent relationships between students. However, there is a lack of studies offering a systematic and in-depth comparison of the performance of these different approaches on real-world datasets in higher education.

This research aims to fill this gap by conducting a comprehensive evaluation of the performance of various machine learning (ML) and deep learning (DL) models in predicting university dropout. We analyse their performance on the models in question, evaluating various assessment metrics and investigating the effects of class imbalance and feature selection techniques. The goal is to find the most robust and interpretable approaches to aid decision-making in student retention policy [1], [2], [3].

1.2 RELATED WORKS

Traditional approaches to machine learning Traditional machine learning (ML) algorithms remain common tools for predicting university dropout rates due to their robustness and interpretability. Methods such as decision trees (DT), random forests (RF), support

vector machines (SVM), and boosting algorithms such as XGBoost, CatBoost, and LightGBM are widely used. Villar and Andrade [4] and Demirtürk, B. [5] compared several of these algorithms on an unbalanced dataset, demonstrating the superiority of boosting models, particularly LightGBM optimised with Optuna. Other recent work has highlighted the effectiveness of stacking traditional models to improve predictive accuracy while managing noisy or unbalanced datasets [6], [7]. Deep neural networks (DNNs) are increasingly used to capture non-linear dependencies between predictive variables. However, their success depends heavily on data quality and regularisation techniques, such as dropout [8]. Some studies show that neural networks outperform traditional models in specific configurations, particularly when optimised through grid search or when they incorporate temporal or behavioural data [9], [10]. Despite their potential, their lack of interpretability is a barrier to their adoption in institutional educational contexts. Hybrid models, particularly those based on stacking, are gaining ground in approaches to predicting dropout. The study by Niyogisubizo et al. [11] proposed a two-layer model combining RF, XGBoost, Gradient Boosting and neural networks, achieving superior performance to single models. These approaches offer a compromise between accuracy and robustness by aggregating the strengths of different types of algorithms, while mitigating their individual weaknesses. With the widespread use of digital learning environments, data from LMS platforms (such as Moodle) has become a valuable source for detecting early warning signs of dropout. Vaarma and Li [12] showed that LMS data (connection frequency, activity on Moodle) has predictive power comparable to, or even superior to, demographic and performance data. Marcolino et al. [13] used CatBoost to analyse weekly Moodle logs, with notable results in terms of recall (F1 score ≈ 0.8 for the minority class). A more recent advance is the use of Graph Neural Networks (GNN) to model implicit relationships between students. Almeida et al. [11] compared GCN and GraphSAGE models to tabular models (RF, XGBoost, TabNet), showing that certain GNN configurations outperformed classical models when a relevant graph structure was derived using clustering techniques (PCA + KMeans). However, graph construction remains a sensitive and decisive step in the performance obtained. Given that dropout data is often imbalanced (many more students succeed than drop out), several techniques have been proposed to improve the representativeness of the minority class. Among the most recent are SMOTE, ADASYN and multi-objective optimization using NSGA-II. Marcolino demonstrated the value of combining ADASYN with CatBoost, while Villar and Andrade used Optuna to refine the hyperparameters. These studies confirm that pre-processing and optimization have a direct and significant effect on model performance.

2 METHODOLOGY

This study offers a comparative analysis of several machine learning (ML) and deep learning (DL) models for predicting higher education dropout rates. The methodology adopted is structured around the following key stages: data preparation, pre-processing, rebalancing, modelling, and evaluation. The complete pipeline is illustrated in Figure 1.

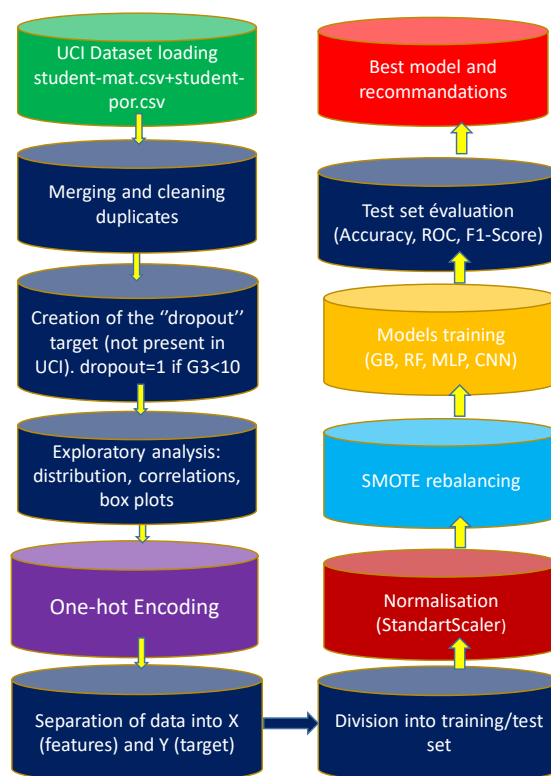


Fig. 1. Pipeline of our Methodology

2.1 DATASET

The online database used is that of the UCI repository [14]. This multivariate data comes from the public UCI Student Performance Dataset, comprising two CSV files: `student-mat.csv` and `student-por.csv`. These files describe the academic performance of Portuguese students in mathematics and Portuguese, including sociodemographic, educational, and behavioural variables. The two files are merged and duplicates are removed to form a single analysis corpus. A dropout target variable was derived: a student is considered to be a 'dropout' (dropout = 1) if their final G3 grade is strictly less than 10, and 0 otherwise. We paid special attention to the following variables: such as grades, absences, failures, study time, higher and family support.

2.1.1 PRE-PROCESSING

One-hot encoding was applied to qualitative variables, and numerical features were normalized using a StandardScaler. The dataset was divided into a training set (80%) and a test set (2%), stratifying the target variable in order to maintain class proportions.

2.1.2 CLASS REBALANCING

As the dropout target variable was unbalanced, the SMOTE (Synthetic Minority Over-sampling Technique) was used on the training set to oversample the minority class.

2.1.3 MODELING

Four models were trained on the pre-processed and re-balanced data:

- Gradient Boosting Classifier: `n_estimators=100`, `learning_rate=0.1`, `max_depth=6`
- Random Forest Classifier: `n_estimators=100`
- MLPClassifier (classical neural network): 3 hidden layers (64-32-16), ReLU activation, Adam optimizer
- Convolutional Neural Network (CNN): one Conv1D layer, followed by a GlobalMaxPooling1D layer, then two dense layers with dropout. The CNN architecture is adapted to tabular inputs thanks to data formatting via reshape (1D).

2.1.4 DATASET OVERVIEW AFTER PRE-PROCESSING

Dataset size: (1044, 34)

RangeIndex: 1044 entries, 0 to 1043

Distribution of target variable:

Dropout

2.1.5 NAME: PROPORTION, DTYPE: FLOAT64

Size after balancing: (1302, 42)

Distribution after SMOTE: [651 651]

Figure 2 summarize abandon distribution

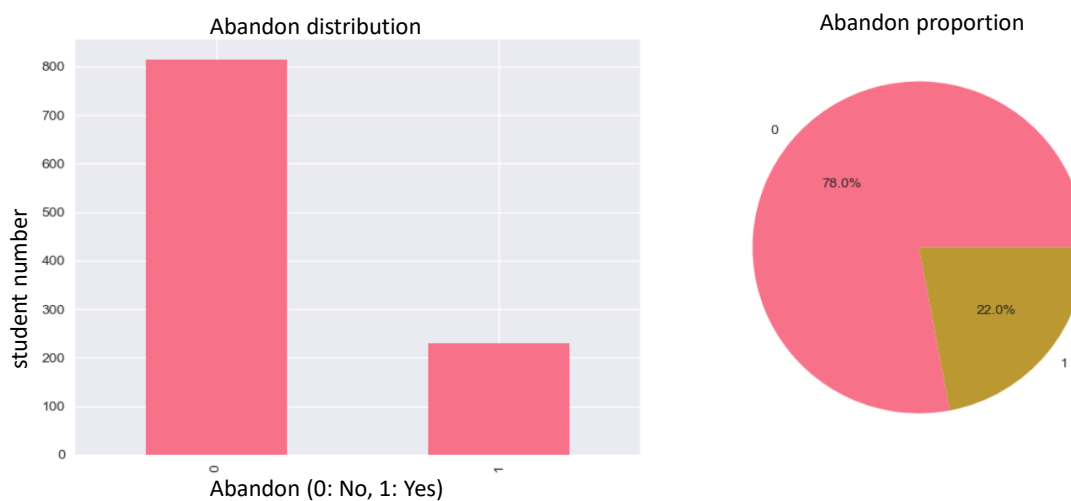


Fig. 2. Abandon distribution

2.2 MATHEMATICAL MODELING

Considering our dataset, the notation and target variable could be presented by formulas below:

$$D = \{(x_i, y_i)\}_{i=1}^n, x_i \in R^p, y_i \in \{0, 1\}$$

The target variable is derived from the final grade G3:

$$y_i = 1\{G3_i < 10\}$$

3 RESULTS

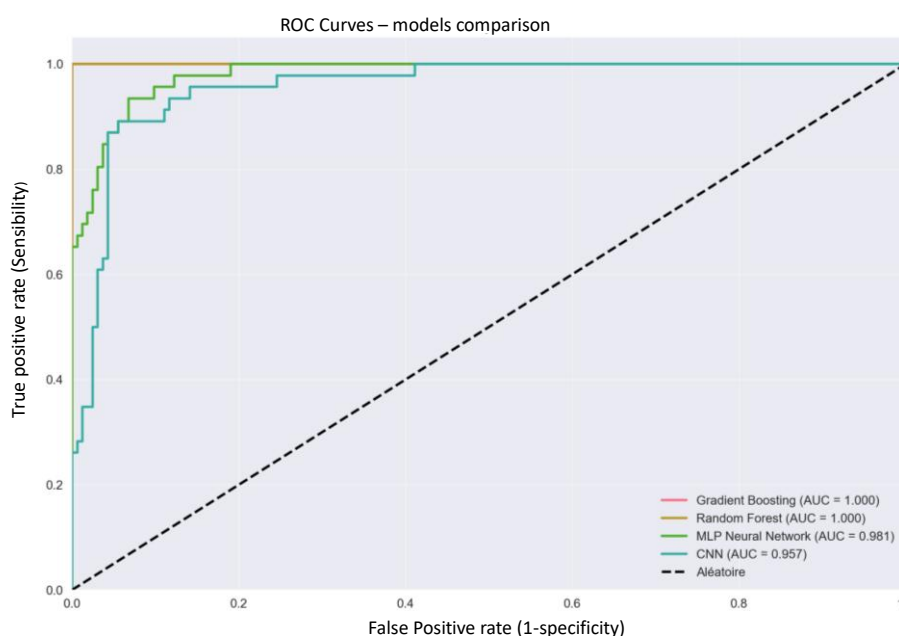


Fig. 3. ROC curves, models comparison

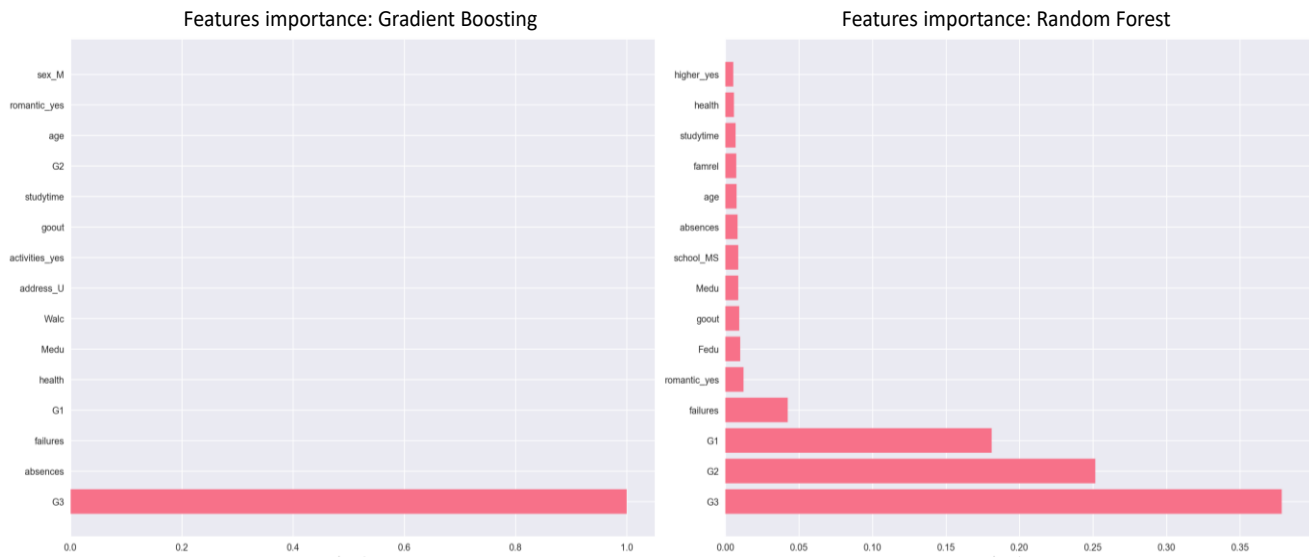


Fig. 4. Features importance For Gradient Boosting and Random Forest models

Table 1. Models performance

Models	Accuracy	F1-score	AUC-ROC
Random Forest	1.000	1.000	1.000
Gradient Boosting	1.000	1.000	1.000
MLP Classifier	0.9330	0.8444	0.9812
CNN	0.9187	0.8283	0.9575

Table 2. Classification report for CNN

Random Forest	Precision	Recall	F1-score	Support
No Abandon	0.97	0.93	0.95	163
Abandon	0.77	0.89	0.83	46
Accuracy			0.92	209
Macro avg	0.87	0.91	0.89	209
Weight avg	0.93	0.92	0.92	209

Table 3. Classification report for MLP Neural Network

Random Forest	Precision	Recall	F1-score	Support
No Abandon	0.95	0.96	0.96	163
Abandon	0.86	0.83	0.84	46
Accuracy			0.93	209
Macro avg	0.91	0.89	0.90	209
Weight avg	0.93	0.93	0.93	209

Table 4. Classification report for Random Forest

Random Forest	Precision	Recall	F1-score	Support
No Abandon	1.00	1.00	1.00	163
Abandon	1.00	1.00	1.00	46
Accuracy			1.00	209
Macro avg	1.00	1.00	1.00	209
Weight avg	1.00	1.00	1.00	209

Table 5. Classification report for Gradient Boosting

Random Forest	Precision	Recall	F1-score	Support
No Abandon	1.00	1.00	1.00	163
Abandon	1.00	1.00	1.00	46
Accuracy			1.00	209
Macro avg	1.00	1.00	1.00	209
Weight avg	1.00	1.00	1.00	209

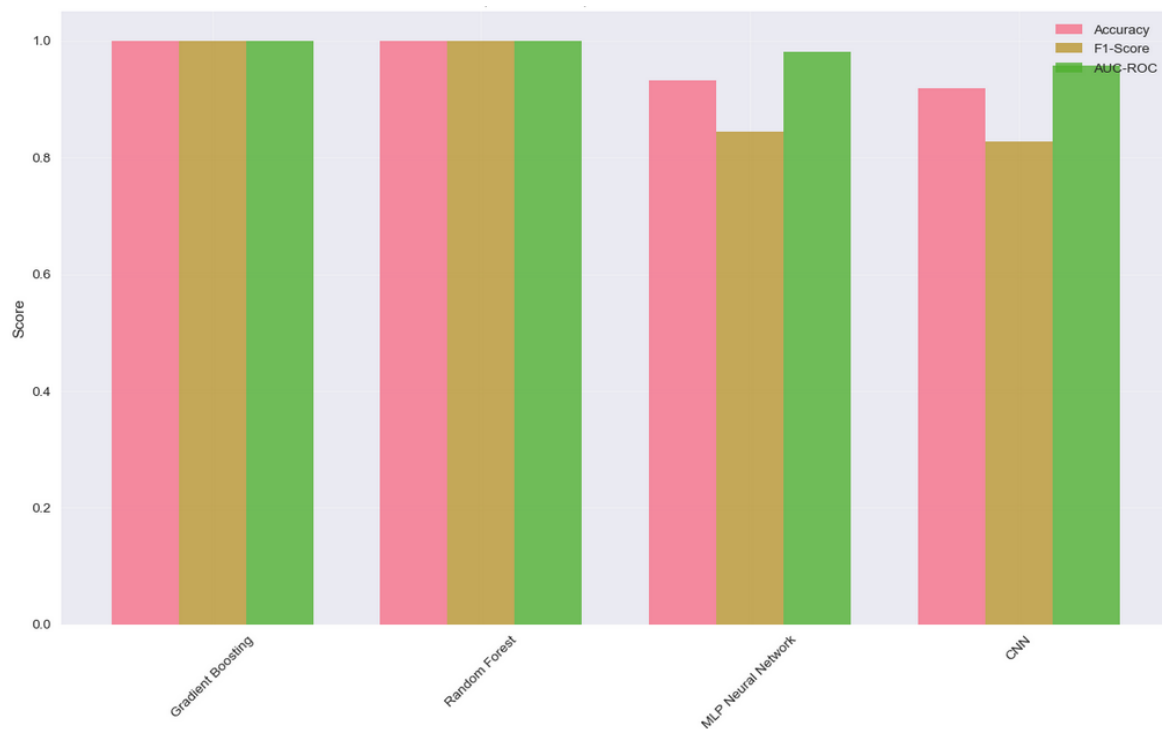


Fig. 5. Models performance comparison

4 DISCUSSION

- Considering Cross-validation (5-Fold)

Gradient Boosting: mean F1-score: 1.0000 (+/- 0.0000)

Random Forest: mean F1-score: 1.0000 (+/- 0.0000)

MLP Neural Network: mean F1-score: 0.9691 (+/- 0.0069)

- Considering error analysis giving:

Gradient Boosting:

Number of false positives: 0

Number of false negatives: 0

The best model is Gradient Boosting, with best AUC-ROC:

- F1-Score: 1.0000
- Accuracy: 1.0000
- AUC-ROC: 1.0000

Models ranking:

1. Gradient Boosting (F1-score: 1.0000)
2. Random Forest (F1-score: 1.0000)
3. MLP Neural Network (F1-score: 0.8444)
4. CNN (F1-score: 0.8283)

5 CONCLUSION

Student dropout is a phenomenon that has many social, economic and institutional consequences. Through this study, we sought to provide a solution for the early prediction of student dropouts, using grades, class absences and failures as key variables. The results of our study showed the importance of balancing the classes in our dataset. Comparing the four prediction models—Random Forest, Gradient Boosting, MLP neural network, and Convolutional neural network—Gradient Boosting yielded the best scores, with an F1-score, ROC, and AUC equal to 1, and a much better error rate than the other models. We recommend that other variables such as family support and study time should be monitored for student retention.

ACKNOWLEDGMENT

We would like to take this opportunity to thank the management of the Virtual University of Côte d'Ivoire, which provided us with the material resources to carry out this study.

REFERENCES

- [1] Agrusti, F., Bonavolontà, G., & Mezzini, M. «University Dropout Prediction through Educational Data Mining Techniques: A Systematic Review». *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, 15 (3), pp. 161-182, 2019.
- [2] Almeida, P. G., Silva, G. A. L., Santos, V., Moreira, G., Silva, P., & Luz, E. (2025). «Deep learning for school dropout detection: A comparison of tabular and graph-based models for predicting at-risk students». *arXiv preprint arXiv: 2508.14057*, pp. 1 – 15, 2025.
- [3] Park, H., Yoo, S., & Gu, Y. «Deep learning-based early dropout prediction in university online learning». *International Journal on Informatics Visualization (JOIV)*, 9 (3), pp. 1218–1225, 2025.
- [4] Villar, A., & Robledo Velini de Andrade, C. «Supervised machine learning algorithms for predicting student dropout and academic success: a comparative study». *Discover Artificial Intelligence*, 4 (2), pp. 1-15, 2024.
- [5] Demirtürk, B. «A comparative analysis of different machine learning methods for predicting student academic success using genetic algorithm-based hyperparameter optimization». *Applied Sciences*, 15 (11), 5879, pp. 1–20, 2025.
- [6] Andrade-Girón, D., Sandivar-Rosas, J., Marín-Rodríguez, W., Susanibar-Ramirez, E., Toro-Dextre, E., Ausejo-Sanchez, J., Villarreal-Torres, H., & Angeles-Morales, J. «Predicting student dropout based on machine learning and deep learning: A systematic review». *EAI Endorsed Transactions on Scalable Information Systems*, 10 (5), pp. 1-15, 2023.
- [7] Skudai, K. T. Chong, N. I., & Huspi, S. H. «A systematic review of machine learning techniques for predicting student engagement and performance in online higher education». *Journal of Information Technology Education*, 24, pp. 109–130, 2025.
- [8] Salehin, I., & Kang, D.-K. «A review on dropout regularization approaches for deep neural networks within the scholarly domain». *Electronics*, 12 (3106), pp. 1-23, 2023.
- [9] Goren, O., Cohen, L., & Rubinstein, A. «Early prediction of student dropout in higher education using machine-learning models». *Proceedings of the 17th International Conference on Educational Data Mining*, pp. 349–359, 2024.
- [10] Cheng, J., Yang, Z.-Q., Cao, J., Yang, Y., & Zheng, X. «Predicting student dropout risk with a dual-modal abrupt behavioral changes approach». *arXiv preprint arXiv: 2505.11119*, pp. 1–15, 2025.
- [11] Niyogisubizo, J., Liao, L., Nziyumva, E., Murwanashyaka, E., & Nshimyumukiza, P. C. «Predicting student's dropout in university classes using two-layer ensemble machine learning approach: A novel stacked generalization». *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100066, pp. 1-22, 2022.
- [12] Vaarma, M., & Li, H. «Predicting student dropouts with machine learning: An empirical study in Finnish higher education». *Technology in Society*, 76, 102474, 1-14, 2024.
- [13] Marcolino, M. R., Porto, T. R., Primo, T. T., Targino, R., Ramos, V., Queiroga, E. M., Muñoz, R., & Cechinel, C. «Student dropout prediction through machine learning optimization: Insights from Moodle log data». *Scientific Reports*, 15, 9840, pp. 1-12, 2025.
- [14] UCI repository 2025. [Online] Available: <https://archive.ics.uci.edu/ml/machine-learning-databases/00320/student.zip>

Contamination métallique des environnements d'exploitation artisanale de l'or: Cas du département de Bangolo (Ouest, Côte d'Ivoire)

[Metal contamination in artisanal gold mining environments: The case of the Bangolo department (West, Cote d'Ivoire)]

Yao Kouadio Assemien François¹, Ouédraogo Moussa¹, Ouattara Ismaïla¹, Coulibaly Léréyaha¹, Kouadio Kolatrin Elie¹, Ouattara Pétémanagnan Jean-Marie², and Yao Koffi Blaise³

¹Department of Geological and Mining Sciences, University of Man, Man, Cote d'Ivoire

²Department of Sciences and Environment Management, Nangui Abrogoua University, Abidjan, Cote d'Ivoire

³Department of Soil, Water, and Geomaterials Sciences, Félix Houphouët-Boigny University, Abidjan, Cote d'Ivoire

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

ABSTRACT: Although illegal gold panning is prohibited and punishable by law in Côte d'Ivoire, numerous sites continue to thrive in rural areas, bringing with them significant environmental nuisances. The western region of the country hosts a high concentration of gold panning sites. This study aims to assess the potential intensity of metal contamination (As, Pb, Cu, Ni, Zn, Cr, Hg, and Cd) in soils and to determine the associated ecological risk. Eight (8) soil samples were collected at a depth of 15 cm from areas influenced by gold panning activity in the Bangolo department. Laboratory chemical analyses and statistical treatments were conducted to evaluate the contamination intensity through the calculation of contamination factors and the geo-accumulation index (Igeo). Additionally, the ecological risk associated with soil metal contamination was assessed. The results showed that As, Ni, and Cr concentrations in samples S3, S4, S5, S6, S7, and ST exceeded average concentrations typically found in the upper continental crust. The highest average concentrations were recorded for Cr (134.34 mg/kg), Cu (41 mg/kg), and Ni (34.43 mg/kg). The average Pb and As concentrations in the studied soils were 7.92 mg/kg and 5.79 mg/kg, respectively. Overall, soil metal contamination ranged from low to moderately severe. Chromium and arsenic contamination were the highest, with contamination factors reaching up to 5.37 and 6.75, and Igeo values of 1.84 and 2.17, respectively. Sample S6 was the most contaminated, while S1 showed no contamination due to its sandy nature. The resulting ecological risk is currently low, with all risk index (RI) values below 150.

KEYWORDS: geochemistry, metal contamination, soil, gold panning, Bangolo.

RESUME: Bien que l'orpaillage clandestin soit interdit et réprimé, en Côte d'Ivoire, de nombreux sites continuent de prospérer dans les zones rurales avec leurs corollaires de nuisances environnementales. La région de l'ouest concentre de nombreux sites d'orpaillage. Cette étude vise à évaluer l'intensité de la contamination métallique (As, Pb, Cu, Ni, Zn, Cr, Hg et Cd) potentielle des sols et d'en déterminer le risque écologique associé. Ainsi, 08 échantillons de sol ont été prélevés à 15 cm de profondeur dans les zones influencées par l'activité d'orpaillage dans le département de Bangolo. Des analyses chimiques au laboratoire ainsi que des traitements statistiques ont été effectués pour déterminer l'intensité de la contamination à travers l'évaluation du facteur de contamination et de l'indice de géo-accumulation. De même, le risque écologique associé à la contamination métallique des sols a été déterminé. Les résultats ont montré que les teneurs en As, Ni et Cr des échantillons S3, S4, S5, S6, S7 et ST sont supérieures aux concentrations moyennes enregistrées dans la croûte continentale supérieure. Les concentrations moyennes les plus élevées sont celles du Cr (134,34 mg/kg), Cu (41 mg/kg) et Ni (34,43 mg/kg). Les teneurs moyennes des sols étudiés en Pb et As sont respectivement de 7,92 et 5,79 mg/kg. D'une manière générale, la contamination métallique des sols

varie de faible à modérément sévère. La pollution en chrome et en arsenic sont les plus élevées avec des facteurs de contamination allant jusqu'à 5,37 et 6,75 et un Igéo de 1,84 et 2,17 respectivement. Le sol S6 est le plus contaminé tandis que S1 est sans contamination, en raison de sa nature sableuse. Le risque écologique qui en découle est, pour l'instant, faible avec des RI, tous, inférieurs à 150.

MOTS-CLEFS: géochimie, contamination métallique, sol, orpaillage, Bangolo.

1 INTRODUCTION

L'orpaillage, défini comme l'exploration et l'exploitation artisanale de l'or, se présente comme un moyen de lutte contre la pauvreté. Cependant, il engendre beaucoup de problèmes environnementaux [1]. L'orpaillage est une activité plus ou moins clandestine [2] pratiquée en Côte d'Ivoire de manière non planifiée, par des méthodes manuelles faisant recours à des outils rudimentaires [3]. Celle-ci menace la santé des populations à cause des énormes quantités de rejets miniers qui peuvent générer des contaminants, et avoir des conséquences négatives sur l'environnement [4], [5], [6], [7].

De plus, les orpailleurs utilisent des produits chimiques tels que le mercure, le cyanure ou encore l'acide sulfurique et nitrique dans leurs procédés d'extraction de l'or [8], [9], [10]. Ces produits engendrent la dégradation de la qualité des eaux et des sols à travers la libération de polluants tels que les éléments traces métalliques. Une autre conséquence de l'activité minière artisanale est la diminution voire la perte des services écosystémiques liés au sol c'est-à-dire la production de la biomasse, la dégradation de la matière organique, la filtration de l'eau et le rendement des cultures [11], [12].

Longtemps pratiqué dans les pays voisins comme le Mali et le Burkina Faso, l'orpaillage clandestin a gagné toutes les régions ivoiriennes, sans doute, exacerbées par les conséquences du changement climatique sur les rendements agricoles. L'activité d'orpaillage se présente aujourd'hui comme un fléau que l'état ivoirien peine à éradiquer malgré l'adoption d'un nouveau code minier, plus contraignant, en 2014 [13].

Le Conseil National des Droits de l'Homme a dénombré en 2022 plus de 240 sites clandestins pour une population d'orpaillage estimée à 23400 individus [13]. A l'instar des autres régions, l'ouest du pays, précisément le département de Bangolo est aussi affecté par le phénomène d'orpaillage clandestin. L'orpaillage connu comme source de relargage d'éléments traces métalliques, sa pratique dans le département de Bangolo semble influencer la géochimie locale. Ainsi deux problèmes potentiels se posent: le risque de pollution environnementale et le risque environnemental lié à la consommation des eaux et produits agricoles.

De récentes études menées dans l'ouest de la Côte d'Ivoire (région du Tonkpi) révèlent de nombreux sites d'orpaillage aux alentours de la mine industrielle d'Ity et une utilisation de différentes techniques de traitement [14]. La référence [15] a fait l'inventaire des pratiques de l'orpaillage et des impacts des activités des orpailleurs dans la région du Tonkpi. La référence [16] a mis en lumière l'impact des techniques de récupération de l'or sur les sols des localités d'Ity et Floleu. De plus, [17] à Sangouiné, Zérégbo et Floleu ont montré une dégradation de la qualité des environnements par les éléments traces métalliques (ETM). Ces études se sont intéressées à l'inventaire des sites artisanaux, aux techniques d'extraction artisanale et leurs impacts sur la qualité des eaux et des sols. Aucune recherche n'a été consacrée à l'évaluation de l'intensité de la contamination en tenant compte du bruit de fond géochimique des sols afin de déterminer l'origine réelle de la contamination en ETM. La présente étude vise à évaluer l'intensité de la contamination par les ETM et déterminer le risque écologique qui en découle.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Cette étude a été réalisée dans le département de Bangolo à l'ouest de la Côte d'Ivoire. Ce département couvre une superficie de 2600 Km² et est situé entre les longitudes 8°01'10" et 7°00'01" W et les latitudes 6°53'59" et 7°14'59" N. Il appartient à la région du Guémon (Figure 1). La zone d'étude est limitée au Nord par les départements de Man et de Kouibly, au Sud par les départements de Duékoué et de Guiglo, à l'Est par ceux de Vavoua et de Zoukougbeu, et e à l'Ouest par les départements de Bolequin, Zouan-Hounien et Danané. Le département de Bangolo compte à lui seul 9 sous-préfectures que sont Bangolo, Béoué-zibiao, Bléniméouin, Dieouzon, Gohouo-Zagna, Guinglo-Tahouaké, Kahin-Zarabaon, Zeo, Zou [18]. La zone d'orpaillage, objet de cette étude se trouve dans la sous-préfecture de Zou, précisément à Zérégbo (Figure 1).

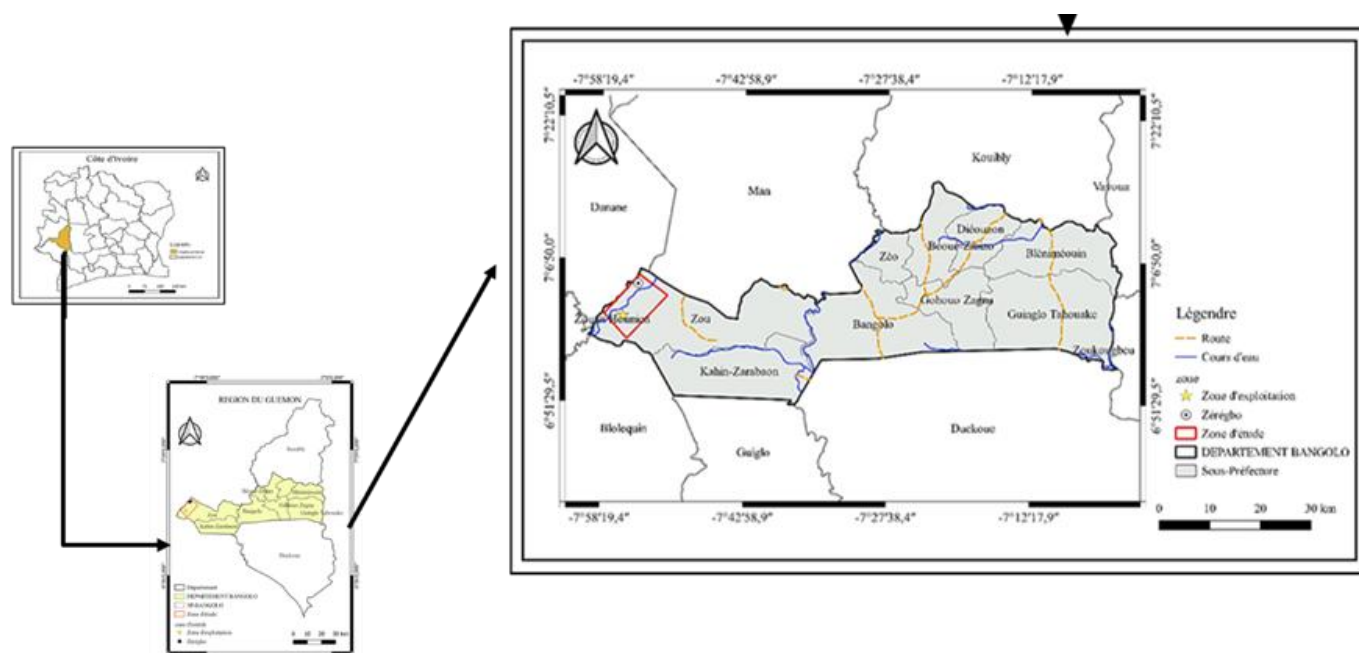


Fig. 1. Situation géographique du département de Bangolo

Le département de Bangolo présente un climat tropical chaud avec une saison pluvieuse et une saison sèche qui dure 6 mois (de novembre à Avril). Ce type de climat lui confère une végétation constituée principalement de forêt tropicale humide, avec des zones de savane et un écosystème varié. Le relief du département est caractérisé par des collines et des petites montagnes, typiques de la région de l'Ouest de la Côte d'Ivoire. Le département de Bangolo est drainé par plusieurs cours d'eau dont les plus importants sont le fleuve Sassandra et ses affluents comme la rivière N'zo. Ces cours d'eau sont essentiels pour l'approvisionnement en eau, l'irrigation et d'autres activités économiques de la région.

Du point de vue géologique, la zone d'étude est située dans le domaine archéen de la dorsale de Man. Cette dorsale est subdivisée en deux ensembles par la faille de Sassandra d'orientation N-S, à l'Est on a les formations archéennes et à l'Ouest les formations paléo-protérozoïques. Elle est marquée par deux événements majeurs à savoir le Léonien (≥ 3 Ga) et le Libérien (vers 2,5 Ga) qui constitue l'événement magmatique et métamorphique le plus marqué du domaine archéen de cette dorsale [19]. Sur le plan lithologique, deux grands ensembles se distinguent dans ce domaine: un complexe de base constitué essentiellement de migmatites et de gneiss granulitiques, souvent désigné par le terme granito-gneiss; le second ensemble constitue les ceintures de roches supracrustales qui reposent en discordance sur le premier ensemble [19]. A ces deux ensembles sont associés des granites et des charnockites soit sous forme d'intrusions dans le socle granito-gneissique, soit sous forme de mobilisat anatectique. Dans le département de Bangolo, on rencontre principalement les orthogneiss charnockitiques et des migmatites archéennes dans lesquelles se trouve des intrusions de méta-arénites dominantes sur métasiltites, norites, tonalites, quartzite ferrugineux, métaenderbite et des migmatites indifférenciées [20]. Ces formations géologiques sont généralement des encaissants de nombreuses substances ayant une valeur économique (Fer, Or, Nickel, Manganèse, Diamant, Cuivre et Eléments du Groupe du platine). De nombreuses mines sont en activité dans la région ouest de la Côte d'Ivoire. C'est le cas des mines de nickel de Samapleu et de Fomgbesso-Moyago exploitées respectivement par *Sama Resources Inc.* et la Compagnie Minières du Bafing (CMB) et de la mine d'or d'Ity, exploitée par la compagnie canadienne *Endeavour mining*. Autour des mines d'or industrielles sont généralement installées des mines artisanales qui exploitent en toute illégalité. Le département de Bangolo, précisément le village de Zérébo est confronté à une forte activité d'extraction artisanale clandestine de l'or. Entre 2013 et 2018, le site de Zérébo était exploité clandestinement de manière semi-industrielle. Après l'interdiction de cette activité par la Brigade de Répression des Infractions au Code Minier (BRICM), le site, est depuis 2020, recolonisé par de nouveaux orpailleurs clandestins utilisant des outils non-mécanisés. Après l'extraction, à l'aide de pioches et de pelles, ces derniers récupèrent l'or par la technique de la batée dans les cours d'eau voisins.

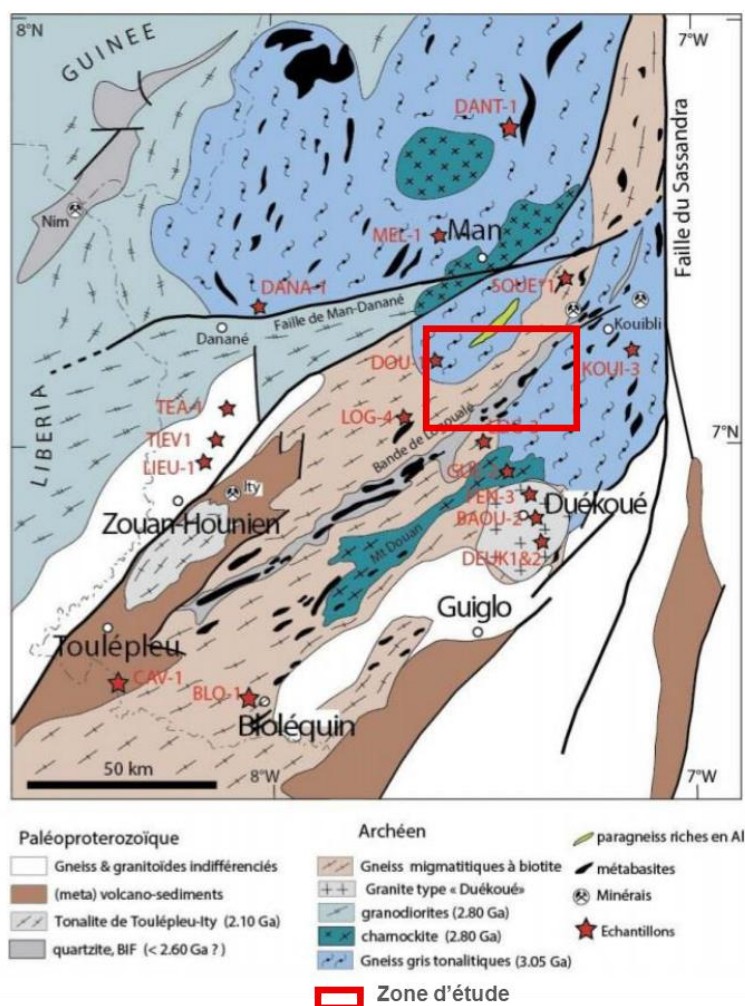


Fig. 2. Carte géologique de la zone d'étude ([20] modifié)

2.2 ECHANTILLONNAGE ET ANALYSE AU LABORATOIRE

Afin de déterminer le niveau de contamination métallique sur les sites d'exploitation de Zérégbo, sept (7) échantillons ont été prélevés. Ces échantillons (S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7) ont été prélevés à la fois dans les zones d'extraction et à proximité des sites de lavage et de récupération de l'or. La répartition des sites d'échantillonnage est illustrée à la figure 3. En vue d'apprécier l'apport en éléments métalliques lié aux activités aurifères un échantillon témoin (ST) a été prélevé à environ 5 km de la zone d'orpaillage.

L'échantillonnage a été réalisé sur chaque site de prélèvement à l'aide d'une tarière à une profondeur de 15 cm. Les échantillons de sol ainsi prélevés ont été conservés dans des sachets plastiques pour éviter toute contamination. Environ 1 kg de sol a été recueilli dans des sacs polyéthylène scellé sous vide et transportés au laboratoire. Au laboratoire, les sédiments ont été séchés à l'étuve (40 °C) pendant 72 heures. Après séchage, les sédiments ont été conservés dans des flacons en plastique, avec un ruban en plastique autour du dispositif de fermeture afin de les protéger contre l'humidité, puis stockés dans une armoire (20 °C) pour être analysés. Les mesures de pH ont été réalisées dans une solution de sol selon un ratio 2/5. Les éléments traces métalliques (As, Cu, Cr, Hg, Zn, Cd, Pb et Ni) ont été analysés à l'aide de la spectrométrie de fluorescence à rayons X (XRF).

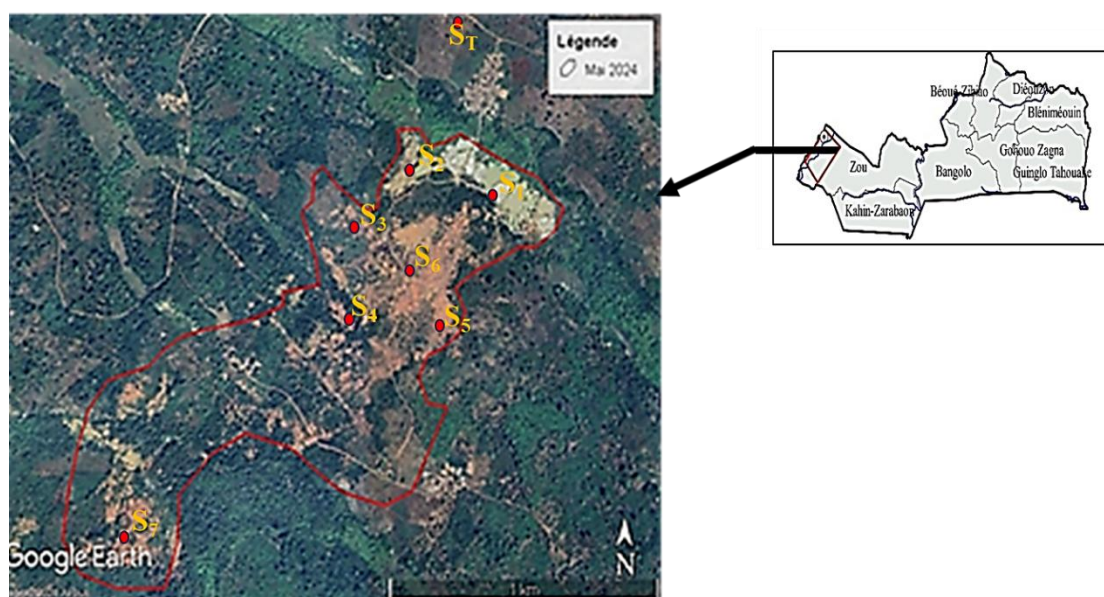


Fig. 3. Répartition des points d'échantillonnage de sol

2.3 METHODES D'EVALUATION DU NIVEAU DE CONTAMINATION DES SOLS ET DU NIVEAU DE RISQUE ÉCOLOGIQUE

Afin de détecter une potentielle contamination des sites d'orpaillage, un facteur de contamination a été calculé pour chaque échantillon de sol [21] à partir de l'équation (1):

$$FC = C_i / C_r \quad (1)$$

Où: FC désigne le facteur de contamination;

C_i : la concentration d'un métal donné dans le sol étudié;

C_r : la concentration de référence (fond géochimique) dans un sol non contaminé.

Les facteurs de contamination ont été interprétés selon [22].

- $FC < 1$ indique une absence de contamination;
- $1 \leq FC < 3$, une faible contamination;
- $3 \leq FC < 6$, une contamination modérée;
- $6 \leq FC < 10$, une contamination modérément sévère;
- $10 \leq FC < 25$, une contamination sévère;
- $FC \geq 25$, une contamination très sévère.

Par ailleurs, l'indice de géo-accumulation (I_{geo}) a été calculé afin de déterminer l'intensité de la contamination métallique [23], [6]. Il s'agit du rapport entre la concentration d'un métal donné dans le bruit de fond géochimique (Equation 2). Le facteur de correction 1,5 tient compte des fluctuations naturelles des métaux dans la croûte qui peuvent être causées par des changements minéralogiques dans les sols. En raison de la forte intensité des activités anthropiques (agriculture, urbanisation, feux de forêt, etc.) dans certaines régions, il est parfois difficile d'obtenir la valeur réelle du fond géochimique naturel [24], [25]. Dans cette étude, les concentrations de référence (fond géochimique naturel) des ETM ont été supposées identiques aux concentrations dans la croûte continentale supérieure proposées par [26] (Tableau 1).

$$I_{geo} = \log_2(C_i / 1,5 \times C_r) \quad (2)$$

Tableau 1. Concentrations moyennes de quelques ETM dans la croute continentale supérieure par [26]

Paramètres	As	Pb	Hg	Zn	Cu	Ni	Cr	Cd
Concentrations dans la croute continentale supérieure (mg/kg)	2	17	0,06	52	14,3	18,6	35	0,102
Indice de toxicité	10	5	40	1	5	5	2	30

Les valeurs d'Igeo ont été interprétées selon les recommandations de [27].

- Igeo ≤ 0: sans contamination;
- 0 < Igeo < 1: Sans contamination à modérément contaminé;
- 1 < Igeo < 2: Contamination modérée;
- 2 < Igeo < 3: Contamination modérée à forte contamination;
- 3 < Igeo < 4: Forte contamination;
- 4 < Igeo < 5: Forte à extrême contamination;
- Igeo > 5: Contamination extrême

Enfin, le risque environnemental lié aux métaux et métalloïdes (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Hg et Zn) a été déterminé à partir du calcul de l'indice de risque écologique potentiel (Eri). Cet indice permet d'évaluer le risque écologique lié à la présence d'un métal pris individuellement dans le sol. Il est calculé à partir des équations 3 et 4 décrites par [26].

$$Er_i = CF_i \times T_i \quad (3)$$

$$RI = \sum Er_i \quad (4)$$

Er_i : Indice de risque écologique potentiel pour un ETM i donné;

CF_i : Facteur de contamination correspondant à l'ETM i ;

T_i : Indice de toxicité attribué à l'ETM i en fonction de sa toxicité relative pour l'environnement (Tableau 1).

RI: indice global de risque écologique

L'interprétation des indices individuels et globaux de risques écologiques sont indiqués dans le tableau 2.

Tableau 2. Niveau de risque écologique potentiel

Valeurs de Er_i	Niveau de risque écologique individuel	Valeur de RI	Niveau de risque écologique global
$Er_i < 40$	Faible	$RI < 150$	Faible
$40 \leq Er_i < 80$	Modéré	$150 \leq RI < 300$	Modéré
$80 \leq Er_i < 160$	Elevé	$300 \leq RI < 600$	Considérable
$160 \leq Er_i < 320$	Très élevé	≥ 600	Très élevé
$Er_i \geq 320$	Extrêmement élevé		

3 RÉSULTATS

3.1 PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES

Les conditions physico-chimiques, mises en évidence par l'analyse des valeurs de pH, révèlent un environnement globalement acide avec un pH moyen de 5,45. Les sols sont, pour la plupart, acides, à l'exception de celui prélevé au niveau de la rampe (S1) qui a un pH de 8,44. Les autres valeurs sont comprises entre 3,9 et 5,9 (Figure 4).

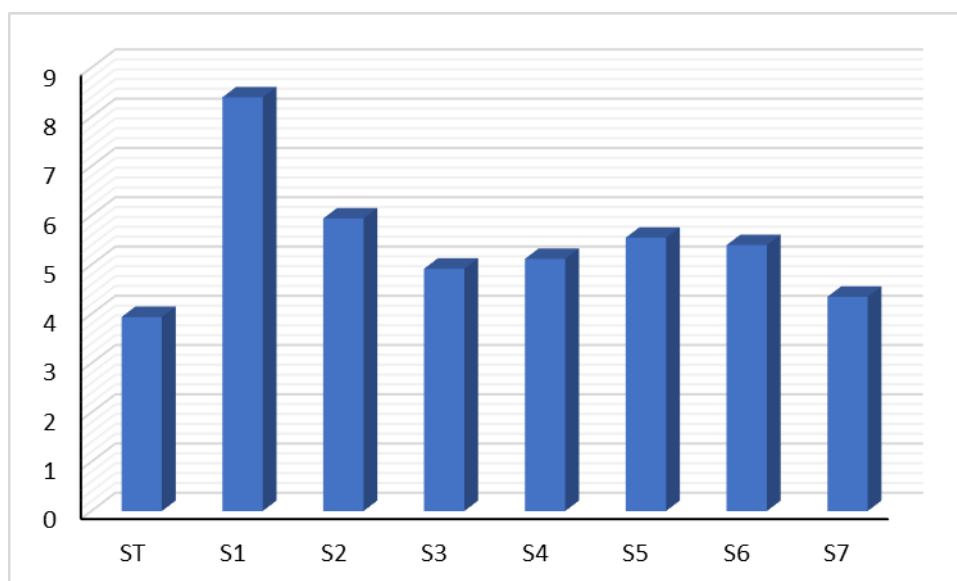


Fig. 4. Variation du pH des sols étudiés

3.2 CONCENTRATIONS DES SOLS EN ÉLÉMENTS TRACES MÉTALLIQUES

Le tableau 3 montre les concentrations des métaux lourds dans les sols étudiés. Il s'agit de l'arsenic, du cuivre, du chrome, du mercure, du zinc, du cadmium, du plomb, du nickel. L'analyse de ce tableau montre que le Hg et le Cd n'ont pas été retrouvés dans les sols du site d'orpaillage de Zérébo. Les teneurs étaient toutes en dessous de la limite de détection (0,001 mg/kg). Aussi, les teneurs en Pb, As, Zn, Cu, Ni et Cr de certains échantillons étaient inférieures à cette limite. Toutes les concentrations inférieures à la limite de détection (<LOD) ont été supposées nulles (Tableau 3). Les concentrations en Pb et en Zn sont toutes inférieures aux normes OMS. Cependant, l'As, le Cu et le Cr présentent par endroit des concentrations dépassant les valeurs guides de l'OMS. D'une manière générale, on remarque que les concentrations obtenues dans le sol témoin (ST) sont globalement conformes aux normes OMS à l'exception du Ni et du Cr. Tous les sols étudiés sont riches en ETM contrairement à S1. Les concentrations des ETM selon l'ordre d'abondance est le suivant: Cr>Ni>Cu>As>Pb>Zn.

Tableau 3. Concentrations totales en éléments traces métalliques

Stations	Pb	As	Hg	Zn	Cu	Ni	Cr	Cd
ST	10,09	0	0	0,003	60,96	72,01	143,4	0
S1	0	0	0	0	0	0	0	0
S2	7,48	0	0	0	23,09	0	99,61	0
S3	10,85	6,52	0	0,002	44,21	52,4	182,87	0
S4	0	5,4	0	0	55,16	58,76	164,87	0
S5	10,55	10,47	0	0,003	57,97	45,43	188,08	0
S6	11,16	13,49	0	0,004	46,77	46,87	149,99	0
S7	13,26	10,45	0	0,003	39,8	0	145,92	0
Min.	0	0	0	0	0	0	0	0
Max.	13,26	13,49	0	0,004	60,96	72,01	188,08	0
Moyenne	7,92	5,79	0	0,002	40,99	34,43	134,34	0
Ecart-type	4,80	5,05	0	0,002	19,15	27,75	56,89	0
UCC	17	2	0,056	52	14,3	18,6	35	0,102

3.3 EVALUATION DU NIVEAU DE CONTAMINATION DES SOLS

Le tableau 4 présente les résultats du calcul du facteur de contamination pour chaque ETM. Les résultats montrent des FC supérieurs à 1 pour l'ensemble des métaux à l'exception du zinc et du plomb pour lesquels aucune contamination n'a été observée. La contamination en arsenic varie de faible (2,7) à modérément sévère (6,75). Les stations S3, S5 et S7 enregistrent une contamination modérée en arsenic (3,26; 5,24 et 5,22 respectivement). Concernant le cuivre, le nickel et le chrome, une contamination modérée a été observée au niveau des stations ST, S3, S4, S5, S6 et S7. Les échantillons S1 et S2 sont caractérisés par une contamination faible. Ainsi, on note que l'échantillon ST, bien que prélevé hors des sites d'orpaillage est, tout de même, contaminé de manière considérable par le Cu, Ni et le Cr.

Tableau 4. Facteurs de contamination en éléments traces métalliques

Stations	FC-Pb	FC-As	FC-Zn	FC-Cu	FC-Ni	FC-Cr
ST	0,59	0	5,77E-05	4,26	3,87	4,1
S1	0	0	0	0	0	0
S2	0,44	0	0	1,61	0	2,84
S3	0,64	3,26	3,85E-05	3,09	2,82	5,22
S4	0	2,7	0	3,86	3,16	4,71
S5	0,62	5,24	5,77E-05	4,05	2,44	5,37
S6	0,66	6,75	7,69E-05	3,27	2,52	4,29
S7	0,78	5,22	5,77E-05	2,78	0	4,17

Les indices Igéo confirment la non contamination des sols par le plomb et le zinc (Tableau 5). Les sols ST, S1 et S2 ne présentent pas de contamination en As. Le sol S4 est sans contamination à modérément contaminé tandis que S3, S5 et S7 sont modérément contaminés en Arsenic. Quant au sol S6, il présente une contamination modérément sévère en As. Relativement au cuivre, S2 et S7 sont sans contamination à modérément contaminés alors que ST, S3, S4, S5 et S6 sont modérément contaminés. Encore une fois S1 est sans contamination. En considérant le nickel et le chrome certains sols sont sans contamination (S1, S2 et S7), d'autre sont sans contamination à modérément contaminés (S5 et S6 pour le Ni et S2 pour le Cr), d'autres encore sont modérément contaminés (ST et S4 pour le Ni et ST, S3 à S7 pour le Cr).

Tableau 5. Indices de géo-accumulation

Stations	Indices de géo-accumulation					
	Pb	As	Zn	Cu	Ni	Cr
ST	-1,34	0	-14,67	1,51	1,37	1,45
S1	0	0	0	0	0	0
S2	-1,77	0	0	0,11	0	0,92
S3	-1,23	1,12	-15,25	1,04	0,91	1,81
S4	0	0,85	0	1,36	1,07	1,65
S5	-1,27	1,81	-14,67	1,44	0,71	1,84
S6	-1,19	2,17	-14,25	1,13	0,75	1,51
S7	-0,94	1,8	-14,67	0,89	0	1,48

3.4 EVALUATION DU NIVEAU DE RISQUE ÉCOLOGIQUE

Le risque environnemental potentiel lié à la contamination des sols a été estimé à partir de l'évaluation du risque écologique. Les résultats montrent un faible risque écologique lié aux ETM dans le département de Bangolo. En effet, l'indice global de risque écologique de tous les échantillons est inférieur à 150 (Tableau 6). L'indice le plus élevé est celui de l'échantillon S6 et le plus faible est celui de l'échantillon S1. Le risque potentiel lié à chaque métal (E_{ri}) est faible ($E_{ri} < 40$), à l'exception de l'arsenic aux stations S5, S6 et S7 qui présentent un risque écologique individuel modéré ($40 < E_{ri} < 80$).

Tableau 6. Risques écologiques potentiels dans le département de Bangolo

Stations	Risque écologique individuel (Eri)						Risque écologique global (RI)
	Pb	As	Zn	Cu	Ni	Cr	
ST	2,95	0	5,77E-05	21,3	19,35	8.2	51.80
S1	0	0	0	0	0	0	0
S2	2,2	0	0	8,05	0	5.68	15.93
S3	3,2	32,6	3,85E-05	15,45	14,1	10,44	75.79
S4	0	27	0	19,3	15,8	9,42	71.52
S5	3,1	52,4	5,77E-05	20,25	12,2	10,74	98.69
S6	3,3	67,5	7,69E-05	16,35	12,6	8,58	108.33
S7	3,9	52,2	5,77E-05	13,9	0	8,34	78.34

4 DISCUSSION

L'étude sur la caractérisation géochimique des environnements d'orpaillage, a permis de mettre en évidence la contamination des sols en éléments traces métallique dans le département de Bangolo. Les mesures de pH, ont montré des sols acides avec un pH moyen de 5,45. Cette acidité peut être liée à la déforestation des zones d'orpaillage et le lessivage des terres par les eaux de ruissellement. Les références [28], [29], [30] ont montré que l'acidité des sols trouve son origine dans les phénomènes tels que la déforestation et l'érosion des sols qui réduisent la capacité de rétention, la teneur en cations basiques et la teneur en matière organique. Aussi, cette acidité suggère une pauvreté des sols en minéraux carbonatés. Le pH du sol ST, prélevé hors du site minier, est plus acide (3,94) que ceux des sols des zones d'orpaillage. Ce résultat montre que l'acidité des sols semble ne pas être liée à l'activité minière. Cela est d'autant vrai que les exploitants n'utilisent pas de produits chimiques comme le témoigne l'absence de mercure dans les sols étudiés. L'acidité des sols favorise la précipitation des éléments traces métalliques comme l'indique *The National Institute of Standard Technologie* [31]. La référence [32] a aussi mis en évidence l'influence du pH sur la précipitation des éléments traces métalliques.

D'une manière générale, la pollution des sols dépend de leur nature et des paramètres physico-chimiques. Un sol sableux absorbe peu les métaux, alors qu'un sol contenant beaucoup d'argiles et de matière organique, favorise leur rétention [33]. C'est ce qui explique que le sol S1, pauvre en argile et matières organiques, ne soit pas contaminés en ETM.

Relativement à la concentration des métaux étudiés dans les sols des différentes stations, on a enregistré pour plusieurs métaux lourds des concentrations supérieures aux valeurs de référence de [26]. Les valeurs de l'arsenic sont 2,7 (S4) à 6,7 (S6) fois plus élevées que les concentrations de la croûte continentale supérieure. Pour le cuivre, le nickel et le chrome c'est respectivement de 1,6 (S2) à 4,3 (ST) fois; 2,4 (S5) à 3,8 (ST) fois et de 2,8 (S2) à 5,5 (S6) fois les concentrations de la croûte continentale supérieure. La référence [4] a obtenu, en Namibie, dans les sols agricoles à proximité des résidus miniers des concentrations en cuivre 7 à 8 fois supérieures que les valeurs de référence. Dans le Nord de la Côte d'Ivoire, [10] a obtenu des concentrations en arsenic 12,2 à 25 et 8,9 à 20,8 fois la concentration dans la croûte continentale supérieure à Boundiali et Korhogo respectivement. Selon [10], les concentrations en cuivre 1,43 à 5,1 et 1,36 à 4,49 fois supérieures aux concentrations de la croûte continentale supérieures. Il attribue ces contaminations métalliques aux activités minières artisanales qui sévissent dans ces régions. Dans le département de Bangolo, la présence des métaux à la surface des sols est sans doute due au retournement des sols par les orpailleurs, qui creusent à des dizaines de mètres pour atteindre le minerai. L'absence de l'arsenic dans l'échantillon témoin (ST) et sa présence dans les échantillons prélevés à proximité des sites d'exploitations traduit son lien avec l'activité minière tel que démontré par les travaux de [34] et [16]. Aussi, [10] a montré que l'arsenic présente une grande affinité avec l'or. L'arsenic est particulièrement abondant dans les minerais aurifères, pouvant aller jusqu'à 110 g/kg. Son principal minéral porteur est l'arsénopyrite [35]. Cependant, l'enrichissement du sol ST en cuivre, en nickel et en chrome tout comme les sols S3 à S7 suppose que la présence de ces ETM dans les sols de Bangolo n'est pas forcément liée à l'activité minière. Ces éléments pourraient provenir de l'altération de certains minéraux. Par ailleurs, la zone étudiée étant une zone particulièrement agricole, la contamination des sols en certains éléments traces métallique pourrait trouver une origine anthropique. En effet, d'après [7], un facteur de contamination supérieur à 1,5 suggère une origine anthropique. Néanmoins la pollution des sols en éléments traces métallique reste modérée (pour Cu, Ni et Cr) à modérément sévère (pour As). La référence [10] a identifié dans les régions de Boundiali et Korhogo, un risque écologique considérable lié à une forte contamination des sols, en zone minière, par l'arsenic.

5 CONCLUSION

La caractérisation géochimique des environnements d'orpaillage a permis de mettre en évidence la qualité des sols dans le département de Bangolo. L'étude a montré une acidité des sols associée à une contamination polymétallique. Les concentrations enregistrées dans les sols révèlent un enrichissement en arsenic, cuivre, nickel et chrome. Ces concentrations sont 2 à 6 fois supérieures aux concentrations moyennes enregistrées dans la croûte continentale supérieure. Ces résultats traduisent une influence humaine sur les concentrations naturelles. Les différents indices, calculés pour estimer l'intensité de la contamination ont révélé des niveaux de contamination allant de modéré à modérément sévère. L'importance relative de la contamination est la suivante: Cr > As > Cu > Ni > Pb >> Zn. Le sol S6 est le plus contaminé tandis que S1 est sans contamination, sans doute, en raison de sa nature sableuse. Le risque environnemental que représentent ces sols contaminés est à ce jour, faible. Cependant, il est important de déterminer l'origine réelle de cette pollution métallique afin de prévenir des situations plus dangereuses. Cela pourrait se faire à travers des études minéralogiques pour déterminer les principaux minéraux présents la zone et qui, dans leur processus d'altération pourraient enrichir les sols en As, Cu, Ni et Cr. Aussi, bien que l'environnement soit sous l'influence humaine, la caractérisation du fond géochimique local s'avère nécessaire pour vérifier si la présente étude surestime la contamination métallique dans le département de Bangolo ou, au contraire, elle la sous-estime.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la chefferie de Zérégo pour l'accueil réservé et pour leur collaboration qui ont permis d'accéder plus facilement aux sites d'exploitation artisanale de l'or dans le département de Bangolo.

REFERENCES

- [1] Y. Bamba, «Évaluation des impacts de l'exploitation de la mine d'or de Bonikro sur les ressources en eau», *Journal des sciences*, 1-16, 2012.
- [2] D. Goh, «L'exploitation artisanale de l'or en Côte d'Ivoire: La persistance d'une activité illégale», *European Scientific Journal*, 12 (3): 18–36, 2016.
- [3] E. Jacques, «La mine artisanale en Afrique: aspects techniques et environnementaux. CIFEG Publication vol. 37, 18-36, 2001.
- [4] M. Mileusnić, B.S. Mapani, A.F. Kamona, S. Ružičić, I. Mapaure, P.M. Chimwamurombe, «Assessment of agricultural soil contamination by potentially toxic metals dispersed from improperly disposed tailings, Kombat mine, Namibia», *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 144, 409–420, 2014.
- [5] D.D. Giuseppe, G. Bianchini, L.V. Antisari, A. Martucci, C. Natali, L. Beccaluva, «Geochemical characterization and biomonitoring of reclaimed soils in the Po River Delta (Northern Italy): implications for the agricultural activities», *Environ. Monit. Assess.* vol. 186, 2925–2940, 2014.
- [6] M.A. Othmani, F. Souissi, E.F. Da Silva, «Accumulation trends of metal contamination in sediments of the former Pb-Zn mining district of Touiref (NW Tunisia)», *Journal of African Earth Sciences*, vol. 111, 231-243, 2015.
- [7] I. M. Patrick, «Approches de caractérisation géochimique et géo-environnement d'un projet minier dans le contexte de fond géochimique naturellement élevé et/ou anthropisé: Application aux secteurs miniers siscoe-sullivan-marban, val-d'or, canada». *Thèse de doctorat*, 370p, 2020.
- [8] T.A. Dan-Badjo, D. Tidjani, T. Idder, Y. Guero, L.N. Dan, A. Matsallabi, G. Echevarria, «Diagnostic de la contamination des eaux par les éléments traces métalliques dans la zone aurifère de Komabangou – Tillabéri, Niger». *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 8 (6): 2849-2857, 2014.
- [9] E. Sawadogo, K. Houd, S. Sanogo, «Orpaillage et mutation de l'habitat en pays Lobi, le cas de la ville de Kampti», *Les Tisons*, Vol.1 (Numéro spécial), 75-97, 2025.
- [10] J.C.A. Beda, J-M.P. Ouattara, A. Messou, and L. Coulibaly, «Impacts of artisanal and small-scale gold mining on soils in northern regions of Côte d'Ivoire: cases of Boundiali, Korhogo and Tengrela», *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 15 (3): 1234-1248, 2021.
- [11] S.L. Coulibaly, F.M. Zahui, L.C. Mangoua-Alliali, A. Cherif, and L. Coulibaly, «Artisanal Mining Practice and Physical Impacts on the Environment in the Ity-Floleu Gold Region, Côte d'Ivoire, *International Journal of Environment and Climate Change*, vol. 11 (11): 17-31, 2021.
- [12] C. Blierfet et R. Perraud, *Chimie de l'environnement, Air, eau, sol, déchet*, 2 édition française, de boeck, 2001.
- [13] Conseil National des droits de l'Homme-CNDH. Rapport annuel sur l'état des droits de l'homme en Côte d'Ivoire, 135p, 2022.

- [14] B.F. Hue, B. Kambire, D. Alla, «Environmental changes linked to gold mining in Ity (western Côte d'Ivoire) ». *Annals of the University of Moundou, Series A-FLASH*, vol. 7 (2): 133-151, 2020.
- [15] A. Cherif, «Impact de l'exploitation artisanale de l'or sur les ressources en eaux et les sols: cas de la région aurifère d'Ity-Floleu (Ouest, Côte d'Ivoire) ». *Mémoire master, Université de Man, Côte d'Ivoire*, 52p. 2021.
- [16] A.C. Mossoa, «Empreinte chimique des procédés de l'exploitation artisanale de l'or sur les sols de la région aurifère d'Ity-Floleu (ouest, Côte d'Ivoire)», 54p., 2022.
- [17] O.C. N'cho, A.M-N, Kouadio, K-K.H. Kouadio, N. Odoh, «Soil Acidification Vulnerability and Long-Term Trace Metal Depletion Under Rubber Tree Plantations in the Semi-Mountainous Region of West Côte d'Ivoire», *International Journal for Multidisciplinary Research*, vol. 5 (6): 1-10, 2023.
- [18] Institut National de la Statistique- INS, Recensement Général de la Population et de l'Habitat, Résultats Globaux, 37p., 2021.
- [19] A.N. Kouamelan, «Géochronologie et géochimie des formations archéennes et protérozoïques de la dorsale de Man en Côte d'Ivoire. Implications pour la transition archéen-protérozoïque». *Thèse de Doctorat, Université de Rennes 1, France*, 289p., 1996.
- [20] G.R.S. Koffi, «Réévaluation géochimique et géochronologique des événements orogéniques dans le domaine Archéen de la Côte d'Ivoire: implications dans la géodynamique du craton», *Thèse unique, Univ. Félix HOUPOUET-BOIGNY, Abidjan, Côte d'Ivoire*, 283 p., 2020.
- [21] S. Nadem, M. El Baghdadi, J. Rais, A. Barakat, «Evaluation of heavy metal contamination of sediments of the estuary of the Bouregreg (Atlantic Coast, Morocco), *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (11): 3338 – 3345, 2015.
- [22] S.M. Sakan, D.S. Djordjevic, D.D. Manojlovic, P.S. Polic, «Assessment of heavy metal pollutants accumulation in the Tisza River sediments», *J. Environ. Manage.* 90, 3382 – 3390, 2009.
- [23] G. Muller, «Schwermetalle in den sediment des Rheins, Veränderungem Seit 1971», *Umschau* 79, 778 – 783, 1979.
- [24] J. Zhang, «Geochemistry of trace metals from Chinese River/Estuary systems: an overview», *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 41, 631 – 658, 1995.
- [25] K.A.F. Yao, D.Salze, M. Lopez-Ferber, T. Lasm, O. Belcourt, «Impact of an Abandoned Mine on Surrounding Soils, Surface Water and Stream Sediment: Case of SOMIAF Gold Mine, Côte d'Ivoire», *International Journal of Environmental Science and Development*, vol. 8 (9), 2017.
- [26] K.H. Wedepohl, «The composition of the continental crust», *Geochimica et Cosmochimica Acta.*, vol. 7, 1217-1232, 1995.
- [27] L. Hakanson, «Ecological risk index for aquatic pollution control, A sedimentological approach», *Water Res.*, vol. 14, 975–1001, 1980.
- [28] M. Blanchard, «Soil fertility management and the role of the herd in cotton-cereal-livestock systems in southern Mali. Local technical knowledge and agricultural-livestock integration practices», *PhD Thesis, Paris-Est University, Paris*, 298p., 2010.
- [29] B. Koulibaly, O. Traore, D. Dakuo, R. Lalsaga, F. Lompo, P. Zombre, «Acidification des sols ferrugineux et ferrallitiques dans les systèmes de production cotonnière au Burkina Faso», *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 8 (6): 2879-2890, 2014.
- [30] A. Diallo, F. Wade, S. Kourouma, «Effects of artisanal gold mining on forest resources in Siguiri». *Higher Agronomic and Veterinary Institute Valéry Giscard d'Estaing, University of Conakry, Guinea Conakry*, 32p. 2007.
- [31] National Institute of Standard Technology-NIST, *NIST Atomic Spectra Database*. Consulté sur le site <https://www.nist.gov/programs-projects/jarvis-alignn-jarvis-alignn-ff>, 12 Déc. 2023.
- [32] B. Philippe, M. Julien, B. Catherine, «Caractérisation de la mobilité des ETM dans la ZNS du sol», *Capheine*, 85p., 2012.
- [33] J-B. Sirven, «Détection de métaux lourds dans les sols par spectroscopie d'émission sur plasma induit par laser (LIBS)», *Thèse de Doctorat, Université Bordeaux 1*, 252p. 2006.
- [34] J. Roamba, «Risques environnementaux et sanitaires sur les sites d'orpillage au Burkina Faso: cycle de vie des principaux polluants et perceptions des orpailleurs (cas du site zougnaagmligne dans la commune rurale de Bouroum, région du centre-nord)», *Institution International d'Ingénierie de l'Eau*, 101p. 2007.
- [35] E. Lombi, W.W. Wenzel, D.C. Adriano, *Arsenic-contaminated soils. In Remediation Engineering of Contaminated Soils*, Wise DL, Trantolo DJ, Cichon EJ, Inyang HI, Stottmeister U (eds), 2000.

Effects of «Bougarabou» Traditional Diola Dance on Cardiovascular Variables in Senegalese Women Aged 22–28 Years

Mountaga Diop¹, Ndiack Thiaw¹, Ndarao Mbengue¹, Mame Ngoné Bèye¹, Papa Serigne Diène¹, Daouda Diouf¹, El Hadji Mamouthiam Diop¹, Thierno Diouf¹, Amadou Diouf¹, Sékou Mané¹, Abdoulaye Ba², and Abdoulaye Samb²

¹Laboratory in Sciences and Techniques of Physical and Sports Activities, Youth and Leisure of the Institut National Supérieur de l'Éducation Populaire et du Sport, Cheikh Anta Diop University, Dakar, Senegal

²Laboratory of Physiology, Physiological Functional Explorations and Biology Applied to Sports. Faculty of Medicine, Pharmacy and Odontostomatology. Cheikh Anta Diop University. B.P. 5005, Dakar, Senegal

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

ABSTRACT: Senegalese women have become sedentary. A sedentary lifestyle is undoubtedly one of the main causes of diabetes and hypertension. Dance, a physical activity based on bodily expression, can be a source of motivation for Senegalese women to engage in regular physical activity. To study the effects of a 2-month 'bougarabou' dance program involving two 2-hour sessions per week on the heart rate and resting blood pressure of 16 sedentary Senegalese women aged between 22 and 28 is our objective. The heart rate and resting systolic and diastolic blood pressure of 16 sedentary women aged 22 to 28 from the town of Ziguinchor were measured before and after a two (2) month «bougarabou dance» program, with two 2-hour sessions per week. Resting heart rate (before $78.81 \text{ beats/min} \pm 9.31$ vs after $64.38 \pm 6.05 \text{ beats/min}$), systolic blood pressure (before $13.13 \text{ cmHg} \pm 0.96$ vs after $11.44 \text{ cmHg} \pm 1.09$) and diastolic blood pressure (before $7.75 \text{ cmHg} \pm 0.93$ vs after $6.68 \text{ cmHg} \pm 1.01$) fell significantly ($P < 0.05$) at the end of the «bougarabou» dance program. This study shows that an 8-week «bougarabou» dance program, consisting of two 2-hour sessions, has a significant effect on the heart rate and blood pressure of our sample of sedentary Senegalese women aged between 22 and 28.

KEYWORDS: Sedentary lifestyle, «danse bougarabou», resting heart rate, resting systolic blood pressure, resting diastolic blood pressure.

1 INTRODUCTION / LITERATURE SURVEY

The revolution in means of transportation, the creation of machines that replace women in carrying out daily tasks, and women's access to office-based jobs are all responsible for the significant reduction in Senegalese women's daily energy expenditure. Senegalese women have become sedentary, as they no longer walk or carry out domestic chores themselves.

Unfortunately, it is only a minority of Senegalese intellectual women who practise physical activity indoors or outdoors in search of health benefits. The majority of Senegalese women do not engage in regular physical activity because they are unaware of its benefits or because they are constrained by religious, traditional or customary reasons.

Consequently, this sedentary lifestyle is undoubtedly one of the main causes of diseases such as obesity, diabetes and hypertension, because physical activity has positive effects on health. It improves cardiovascular fitness, physiological and psychological health and musculoskeletal strength. Physical activity also helps to prevent and treat strokes, diabetes, high blood pressure and certain cancers. Physical activity also helps to maintain a healthy weight, improve quality of life and contribute to individual well-being (WHO, 2020).

Dance, a physical activity involving bodily expression, provides participants with physical and mental well-being (Tao et al., 2021), consolidates body image, illuminates the ego, relieves physical tension, anxiety and aggression, and reduces cognitive

and kinaesthetic confusion. Dance also increases the capacity for interaction, pleasure, fun and impulsivity (Jeong et al., 2005). African women in general, and Senegalese women in particular, love to dance. As soon as the clapping of hands or drums resound during ceremonies, Senegalese women immediately go out and start dancing. While dance is performed in different ways by the different ethnic groups that make up Senegal, we are going to focus on the dance of the Diola ethnic group, known as "bougarabou", which is performed by women and men at traditional festivals and ceremonies. Every dance is performed to a given rhythm, in which the upper and lower limbs express themselves in a coordinated way according to the sound emitted by an instrument, by the voice or both. The expression of the limbs is mostly associated with jumps in Africa. As a result, when you dance, you expend energy, sweat and increase your heart rate and breathing frequency. This "bougarabou" dance could therefore be a source of motivation for Senegalese women in general, and Diola women in particular, to engage in regular physical activity. However, what effect does regular practice of the "bougarabou" have on women? Does it lower their resting heart rate? Does it lower their blood pressure towards the reference value (12/8 cmHg) ?

To provide some answers to these questions, we decided to study the effects of a 2-month 'bougarabou' dance program of two 2-hour sessions per week on the resting heart rate and blood pressure of 16 sedentary Senegalese women aged between 22 and 28.

2 METHODOLOGY

2.1 MATERIAL

2.1.1 STUDY FRAMEWORK

Our protocol took place in the youth center of Lyndiane, a populous suburb of Ziguinchor inhabited by Diolas, Ballantes, Mandingues and Peuls. Most of the women trade at the market or at home.

2.1.2 STUDY SAMPLE

Our study sample was composed of 16 sedentary women from the Bignona women's association, aged between 22 and 28, with no disabilities, who knew how to dance the "bougarabou", and who had given their consent to take part in our study.

2.1.3 MEASURING INSTRUMENTS

During our study, we used:

- A DIGITAL BLOOD PRESSURE MONITOR electronic blood pressure monitor (wrist) with the following references model BP600w, 2 AAA 1.5V batteries, SYS/DIAS 30- 280mmhg, HR 40-200 beats/min, dimensions 75W times 74D times 30Hmm. This monitor enabled us to measure the systolic and diastolic blood pressure as well as the heart rate of the subjects at rest before and after a "bougarabou" dance program;
- Manual stopwatches from SPORT WATCH, KALENJI, POLAR, CASIO, etc. To check the duration of a dance sequence, the rest time between one sequence and the next and, above all, the total duration of a session;
- Four "bougarabou" drums ("foumpafou, toutorabou, boufédjintenabou, boubakirénabou") to liven up the sessions;
- Wooden sticks, "ouléw" in Diola, used by the women to accompany the sounds produced by the player;
- The cultural activities room at the Lyndiane youth hostel, where sessions can be held.

2.2 METHODS

2.2.1 PROTOCOL PHASES

Our experimental protocol consisted of five phases.

- The first phase consisted of an interview with two elderly men and three elderly women from the commune of Ziguinchor, who had some knowledge and experience of 'bougarabou'. The two men were drummers and the three women singers and dancers of the 'bougarabou'. We also carried out a pilot study to verify the information they provided about the 'bougarabou': the total duration of a dance session, the duration of a sequence, the number of sequences a woman aged between 22 and 28 could perform and the recovery time she observed before starting a new dance sequence. We then summarized the results of the interviews and the pilot study.

- The second phase concerns the evaluation of the variables before (pre-testing) the implementation of the dance program, which will last two (2) months.
- The third phase concerns the two (2) month dance program with two (2) sessions per week carried out entirely by the women. This training program is based on the summary drawn up after the interview with the elderly and the pilot study.
- The fourth part is reserved for re-evaluating the variables at the end of the dance program (post-test).
- The fifth part consists of a comparison of the mean values of the variables obtained before and after the dance program.

2.2.1.1 INTERVIEWS WITH THE ELDERLY

We interviewed two former drummers and three former "bougarabou" singers and dancers from the commune of Ziguinchor. The aim of this interview was to find out about the different phases of a "bougarabou" session, the duration of a session, the dance rhythm, the number of dance sequences, the duration of a sequence and the rest time observed by a woman aged between 22 and 28 before starting another dance sequence.

INTERVIEW GUIDE

- 1) How long does a bougarabou dance session last for women aged between 22 and 28?
- 2) How many dance phases do they perform during the "bougarabou" ceremonies?
- 3) What is the rhythm of the "bougarabou" dance?
- 4) How long is a dance sequence performed by a woman aged between 22 and 28?
- 5) How many "bougarabou" dance sequences can a woman aged between 22 and 28 perform?
- 6) What is the rest period between two "bougarabou" dance sequences performed by a woman aged between 22 and 28?

Table 1. Results of interviews with elderly people about "bougarabou"

	<i>Duration</i>	<i>Phases</i>	<i>Rhythm</i>	<i>Duration of a sequence</i>	<i>Number of sequences</i>	<i>Time of rest</i>
<i>female 1</i>	2 hours	2 phases	High	10" to 20"	08 to 10	03 to 05 minutes
<i>women 2</i>	1 to 2 hours	2 phases	High	10" to 15"	10 to 12	05 to 06 minutes
<i>man 3</i>	1 to 2 hours	2 phases	High	15" to 30"	05 to 08	02 to 03 minutes
<i>man 4</i>	1 to 2 hours	2 phases	High	10" to 20"	10 to 15	04 to 06 minutes
<i>male 5</i>	2 hours	2 phases	High	10" to 20"	05 to 08	04 to 06 minutes

The interview with the elderly revealed that:

- A "bougarabou" session organised by women aged between 22 and 28 can last 1 to 2 hours;
- This session consists of two (02) phases (a pre-dance and a dance)
- Women aged between 22 and 28 dance at a high tempo;
- A woman aged between 22 and 28 produces sequences lasting between 11 and 21 seconds;
- A woman aged between 22 and 28 can perform 07 to 10 dance sequences during a "bougarabou" session;
- A woman aged between 22 and 28 observes a rest period of 03 to 05 minutes between two sequences.

2.2.1.2 PILOT STUDY

After using the interviews with the elderly, we carried out a pilot study in which we observed six women aged between 22 and 28 during a two-hour "bougarabou" dance ceremony. The women were unaware that they were being observed. We recorded the total duration of the session, the dance phases, the number of sequences, the duration of each sequence and the rest time between the different sequences.

Each of the six women was observed by a well-informed expert (trained in observation). Each was equipped with a stopwatch to measure the duration of the woman's dance sequences and the rest periods between sequences. He also counted the number of sequences performed by the woman under observation during the 'bougarabou' session.

The "bougarabou" dance session we observed consisted of two phases:

- An initial warm-up phase consisting of going back and forth, either in waves or individually, called "backou" in Wolof, "ka ha ia" in Diola, lasting 13 minutes 46 seconds,
- A second phase of the dance itself, called "djibôm" in Diola, which lasted 1 hour 37 minutes. The values of the variables recorded during the pilot study are shown in Table 2 below.

Table 2. Sequence durations, rest times observed between sequences and number of sequences performed by the six sedentary women aged 22 to 28 in the pilot study

Subjects	S1	R1	S2	R2	S3	R3	S4	R4	S5	R5	S6	R6
1	10''28	01'36	12''89	03'16	08''86	05'40	11''40	02'56	14''74	05'20		
2	14''12	04'18	10''66	02'38	09''59	06'56	12''89	07'12				
3	08''99	05'30	11''37	03'41	07''39	04'28	12''45	05'28	11''40	06'55	06''40	03'18
4	12''40	03'15	10''13	02'60	08''40	06'12	07''89	01'49	12''78	05'33	10''40	08'23
5	07''96	04'17	13''30	03'39	10''40	02'28	08''30	07'24				
6	10''40	05'30	13''28	06'40	11''78	04'56	09''28	04'19	10''28	06'48		
Avg	10''69	03'91	11''93	03'55	09''40	04'86	10''36	04'64	12''30	03'92	08''40	05'70

Avg = average

S = dance sequence duration in seconds

R = rest time observed between two dance sequences

We first averaged the duration of sequence 1, sequence 2, sequence 3, sequence 4, sequence 5 and sequence 6. We did the same for the rest time between sequences. Then we averaged the averages, and the result of this pilot study is shown above (table 2):

- Sequences lasting an average of 10 seconds,
- An average rest time of 4 minutes,
- The average value for the number of sequences performed is 5.

2.2.1.3 SUMMARY

Having carried out the interview and the pilot study, we can conclude that a sedentary woman aged between 22 and 28 can perform an average of 1 to 2 hours of "bougarabou" during a session:

- A pre-dance called "backou" which lasts 13 to 15 minutes and the dance itself called "djibôm");
- 06 to 08 dance sequences during the dance session;
- Dance sequences lasting between 11 and 18 seconds;
- Dance sequences separated by rest periods of 03 to 05 minutes.

2.3 DESCRIPTION OF THE MEASURES

2.3.1 MEASURING CARDIOVASCULAR PARAMETERS

2.3.1.1 MEASUREMENT OF RESTING HEART RATE AND SYSTOLIC AND DIASTOLIC BLOOD PRESSURE

We had arranged to meet the women at the Lyndiane youth hostel. They were asked to take off their shoes and relax in a supine position on mattresses for 30 minutes. At the end of the 30 minutes, the nurse began the measurements, following the order in which the women arrived. The electronic sphygmomanometer was placed on the subject's right wrist, then the device was switched on and 15 seconds later the value was communicated to us. Within a few minutes, we had recorded the heart rate and systolic and diastolic blood pressure of each woman.

2.4 DANCE PROGRAM

The dance program lasted two (2) months, with two 2-hour sessions per week, giving a total of 16 sessions over 8 weeks. The dance sessions were held on Wednesdays and Saturdays from 4.30pm to 6.30pm. The number of sequences increased by one (01) unit each week and the duration of a sequence increased by two (02) units. However, the rest time between the sequences and the pre-dance (backou) decreased by one (01) unit every fortnight.

Table 3. Presentation of the "bougarabou" dance program developed following the interview and pilot study and to which the 12 women in our sample are subjected

NUMBER OF WEEKS	NUMBERS OF SESSIONS	DURATION PRE-DANCE↓	NUMBER OF SEQUENCES↑	DURATION O SEQUENCE↑	TIME REST↓
WEEK 1	1&2	15 minutes	06	11"	05mns
WEEK 2	3&4	15 minutes	07	13"	05mns
WEEK 3	5&6	14 mins	08	15"	04mns
WEEK 4	7&8	14 mins	09	17"	04mns
WEEK 5	9&10	13 mins	10	19"	03 mins
WEEK 6	11&12	13 mins	11	21"	03 mins
WEEK 7	13&14	12 mins	12	23"	02mns
WEEK 8	15&16	12 mins	13	25"	02mns

2.4.1 DANCE PROGRAM SEQUENCE

The dance sessions took place on Wednesdays and Saturdays at the Lyndiane youth center. Other women who were not part of the experimental group took part in the 'bougarabou' dance sessions to maintain the atmosphere of an ordinary 'bougarabou' dance session, usually organized in the various villages of the region.

The women were dressed in loincloths and held small wooden sticks to accompany the sounds produced by the 'bougarabou' drums. The women entered in the middle by couple, which made it easy to control the length of the sequence and the length of time each woman recovered. Each pair of women was watched by an observer equipped with a stopwatch. The latter was responsible for timing the duration of the dance sequence, the rest time and counting the number of sequences performed by the two women performing their dance sequences together. The observer asks the women to stop their sequence once the execution time has elapsed. At the end of the rest period, he asks them to return to the middle to start another dance sequence. Once the required number of sequences has been completed, he tells the two women to stop dancing. As soon as a couple's rest time is over, they immediately enter the circle to start another sequence, even if other couples are finishing their sequence. This maintains the traditional character of the bougarabou.

2.5 MEASUREMENT OF VARIABLES AT THE END OF THE DANCE PROGRAM

One day after the end of the dance program, we reassessed the value of the same variables.

STATISTICAL PROCESSING

After collecting the individual values of the cardiovascular variables measured before and after the program, we calculated the mean and standard deviation. We then compared the mean values recorded before and after the dance program to confirm or refute our hypothesis. These comparisons were made using the STUDENT T-test after checking for homoscedasticity.

Our statistical hypothesis is:

H: there is a significant difference between the mean values of heart rate and resting blood pressure measured in the women in our sample before and after the "bougarabou" dance program.

Our probability of error α is set at **5% (0.05)**, i.e. the error that we accept to make when deciding on the hypothesis.

If the probability of error **P** found in the Student test is less than or equal to α ($P \leq \alpha$), our hypothesis is confirmed: there is a significant difference between the mean variables being compared.

If the probability of error P is greater than α ($P > \alpha$), our hypothesis is invalidated: there is no significant difference between the mean variables compared.

3 RESULTS

Table 4. Comparison of the mean resting heart rate (HR) values (bmp) recorded before and after the dance program

VARIABLES	Values (bmp)
Before	78,81 ± 9,31
After	64,38 ± 6,05
α (fixed probability of error)	0,05
P (probability of error found)	4.10 ⁻⁷
Decision	Significant difference

Table 5. Comparison of mean resting PAS values recorded before and after the dance program

VARIABLES	Values (mmHg)
Before	130,13 ± 0,96
After	110,44 ± 1,09
α (fixed probability of error)	0,05
P (probability of error found)	10 ⁻⁷
Decision	Significant difference

Table 6. Comparison of mean resting PAD values recorded before and after the dance program

VARIABLES	Values (mmHg)
Before	70,75 ± 0,93
After	60,68 ± 1,01
α (fixed probability of error)	0,05
P (probability of error found)	10 ⁻⁷
Decision	Significant difference

The probability of error α set is 0.05.

- If the probability of error P is greater than α (**0.05**), there is no statistically significant difference between the averages compared.
- If the probability of error P is less than α (**0.05**), there is a statistically significant difference between the averages compared.

The **STUDENT T-test** carried out to compare the mean values obtained before and after the dance program revealed error probabilities P that were always less than the fixed error probability α (0.05). Thus, there was a statistically significant difference between the mean values recorded before and after the dance program.

4 DISCUSSION

4.1 RESTING HEART RATE

Before the program, the average resting heart rate of our sample was 78.81 (± 9.31) beats per minute. This could be explained by the fact that our subjects were sedentary, with a very low level of physical activity. In absolute terms, six subjects (37.5% of our sample) had a resting heart rate of between 86 and 90 beats per minute, above the normal value set for a healthy adult (**Garnier and Rouillon, 1991**)

Thus, we can say that the average resting heart rate of our sample before the "bougarabou" dance program was high. However, after the dance program, the mean resting heart rate (64.38 ± 6.05) fell significantly ($P=4.10^{-7}$). This significant reduction of around 14 beats could be explained by a strengthening of the vagus nerve, the cardio moderator (**Monod and al., 2007**) induced by the 'bougarabou' dance program.

Looking at the women individually, we found that the resting heart rate of eleven women, or 68.75% of our sample, fell by 10 beats per minute. This shows that our 'bougarabou' dance program had a considerable effect on some of the women in our sample.

Our results are not consistent with those of **Ndèye Diarra Ndiaye (2012)** who reported a non-significant decrease in resting heart rate in 16 sedentary Senegalese women who participated in an 8-week 'tiéboudienne' dance program. This difference in results between Ndèye Diarra Ndiaye's study and ours can be explained by the difference in the way the two dances ('tiéboudienne' and 'bougarabou') were performed. Bougarabou has two dance phases whereas "tiéboudienne" has only one. In addition, the duration of our dance sequences during the "bougarabou" program changed from one week to the next by 2 seconds, reaching 25 seconds in the last week.

4.2 SYSTOLIC BLOOD PRESSURE

Before our dance program, the average resting systolic blood pressure in our sample was 13.13 (± 0.96) cm Hg. As this figure is well below 14 cm Hg, the systolic blood pressure of our sample is considered normal according to the WHO (**Lawes and al., 2008**). Nevertheless, 43.75% of our sample (seven women) had a systolic blood pressure equal to 14 cm Hg. This confirms that they were indeed sedentary.

However, after the "bougarabou" dance program, mean systolic blood pressure ($11.44 \text{ cm Hg} \pm 1.09$) fell significantly ($P=10^{-7}$). If we look at the women individually, we find that the systolic blood pressure of nine of them (56.25% of our sample) fell by at least 2 cm Hg. This shows that our "bougarabou" dance program has had a considerable effect on some women. And our results are in line with those of **Grassi and al (1994)** who reported that regular exercise reduces blood pressure by an average of 10/7.

4.3 DIASTOLIC BLOOD PRESSURE

Before our dance program, the average diastolic blood pressure in our sample was 7.75 cm Hg (± 0.93). As this figure was well below 9 cm Hg, the diastolic blood pressure of our sample was considered normal according to the WHO (**Lawes et al., 2008**). Five subjects (31.25% of our sample) had a diastolic blood pressure below 8 cm Hg. Three subjects (18.75% of our sample) had a diastolic blood pressure of 9 cm Hg. This again shows that our subjects were sedentary.

However, after the "bougarabou" dance program, mean diastolic blood pressure ($6.69 \text{ cm Hg} \pm 1.01$) fell significantly ($P=10^{-7}$). Taking the subjects individually, we found that the diastolic blood pressure of 12 subjects (75% of our sample) fell by 1 cm Hg. This shows that our "bougarabou" dance program had a significant effect on women's diastolic blood pressure.

With regard to blood pressure, our results are not in line with those of **Ndèye Diarra NDIAYE (2012)**. This difference in results between Ndèye Diarra NDIAYE's and ours could always be explained by the difference in the way the two dances are performed. Bougarabou has two dance phases, including a long, moderate predance that does not exist in "tiéboudienne". Furthermore, the duration of our dance sequences during the "bougarabou" program evolved from one week to the next by 2 seconds, reaching 25 seconds in the last week. On the other hand, in Ndèye Diarra NDIAYE's "tiéboudienne" program, the duration of the sequence was fixed at 17 seconds. On the other hand, the significant drop in blood pressure in our sample is comparable to the result of **Grassi et al (1994)** in his study where he obtained an average blood pressure of 10/7 at the end of the physical activity program.

However, **Grassi et al (1994)** specify that the effect of regular physical exercise begins to show measurable results on blood pressure after 4 to 5 weeks, while the maximum reduction is obtained after 20 weeks. This effect remains as long as the exercise is maintained, but disappears after ten weeks of inactivity. These findings by Grassi et al (1994) are corroborated by those of **Humberto et al (2010)**, who reported that the prevalence of hypertension in the population living in the city of Porto is higher among people who do not exercise regularly. It should also be noted that the antihypertensive effect of physical exercise is equally apparent in women and men, regardless of age (**Hagberg, 1989**).

5 CONCLUSION

Most Senegalese women are sedentary. This sedentary lifestyle is perhaps considered to be the main cause of cardiovascular disease, diabetes and obesity, whereas our traditional dances can be an excuse for them to be physically active.

Based on this strong observation, the aim of our investigation was to study the effects of a "bougarabou" dance program on the cardiovascular variables of sedentary Senegalese women aged between 22 and 28. To do this, we proposed a

'bougarabou' dance program to 16 sedentary Senegalese women aged 22 to 28. It lasted 2 months, with 2 x 2- hour sessions per week.

We first conducted interviews with elderly women who had lived and danced the 'bougarabou' for a long time, then with 'bougarabou' players, and finally we carried out a pilot study. Heart rate and blood pressure were assessed before and after the bougarabou dance program. At the end of the dance program, the mean values for heart rate and blood pressure fell significantly.

This study shows that an 8-week 'bougarabou' dance program, consisting of two 2-hour sessions, has a significant effect on heart rate and blood pressure in our sample of sedentary Senegalese women aged between 22 and 28.

It would be interesting to continue this study by extending the duration of the program, increasing the number of sessions, the duration and the number of sequences, and above all by reducing the rest time between sequences to see what effect it has on body composition.

REFERENCES

- [1] WHO (2020).
- [2] WHO guidelines on physical activity and sedentariness.
- [3] Tao D, Supriya R, Gao Y, Li F, Liang W, Jiao J., et al. Dementia and Dance: Medication or Movement? *Phys. Activity Health*. 2021; 5 (1), 250-254.
- [4] Jeong YJ, Hong SC, Lee MS., Park MC, Kim YK., Suh CM. Dance Movement Therapy Improves Emotional Responses and Modulates Neurohormones in Adolescents with Mild Depression. *Int. J. Neurosci*. 2005; 115 (12), 1711-1720.
- [5] Garnier A and Rouillon JD. *Biologie appliquée au sport*. Paris, Amphora sport et connaissance, 1991.
- [6] Monod H, Flandrois R, Vandewalle H. *Physiologie du sport. Bases physiologiques des activités physiques et sportives*. 6ème édition. Paris: Elsevier Masson; 2007.
- [7] Ndéye Diarra. Ndiaye, l'effet de la danse traditionnelle wolof « tieboudieune » sur la composition corporelle et les variables cardiovasculaires de femmes sénégalaises sédentaires âgés de 22 à 27 ans. Master's thesis es-STAPS, Dakar, INSEPS, 2012.
- [8] Lawes C, Vander Hoorn S, Rodgers A. «Global burden of blood-pressure-related disease», *Lancet*, 2008; 371: 1513-1518.
- [9] Grassi G and al. Physical training and baroreceptor control of sympathetic nerve activity in humans. *Hypertension*, 1994; 23: 294-301.
- [10] Humberto Machado et al. High blood pressure prevalence in Oporto sedentary and regular exercise practicing people. *Acta Med. Port*. 2010; 23 (2): 153-8.
- [11] Hagberg J M, Montain S J, Martin W H 3rd, Ehsani A A. Effect of exercise training in 60- to 69-year-old persons with essential hypertension. *Am J Cardiol*. 1989; 1; 64 (5): 348-53.

