

The American Journal of Innovative Research & Applied Sciences



Editorial Committee.....|

Editor in Chief: Alex brond

The members of the editorial board who participated in writing editorials, reviewing submitted articles, and commenting the May Issue 5, Volume 17 (2023).

Prof. Barouaca Hassan | Morocco | Assistant Professor at the Higher Institute of Nursing Professions and Health Techniques |

Affiliation: | Higher Institute of Nursing Profession and Techniques of Health | Fez | 37000 | Morocco |

Prof. Ibraheem A Alzahrani |Al-Baha University | KSA| Associated Professor at the College of Education |

Affiliation: | Department of Educational Technology, Chair of IT dept and expert of E-learning in Al-Baha University | KSA| M. Mazharul Islam, Ph.D., |Associated Professor |

Prof. Ali Mohammed Mutar | Assistant professor | Koeit |

Affiliation: | Department of Chemical Engineering | Faculty of Engineering | University of Qahdisiya |

Prof. Dr. Gancho Todorov Ganchev | Blagoevgrad | Bulgaria |

Affiliation: | Dean, Faculty of Economics | South-West University | Blagoevgrad | Bulgaria |.

Prof. Teodora Stefanova Kiryakova-Dineva. | Assistant professor | Bulgaria |

Affiliation: | Assistant for foreign languages | Intenational Dialogue and Communication in Tourism | Common linguistics at the Departement of tourism |

Dr., Alieza Heidari, Ph.D., D.Sc. | USA |

Affiliation: | Faculty of Chemistry, California South University (CSU), Irvine, California | USA |.

Research Interest: |Biophysical Chemistry | Biomolecular Spectroscopy | Quantum Chemistry | Nanochemistry | Theoretical Chemistry | Mathematical Chemistry |Computational Chemistry | Vibrational Spectroscopy | Molecular Modelling |

Prof. Basha Joel A. | Veterinarian | Nigeria |

Affiliation: | University of Agriculture | Makurdi | Nigeria |

Prof. Fawzia Mohamed | Egypt |

Affiliation: | Department of Genetic and Cytology | National Research Centre | Dokki, Cairo | Egypt |.

Prof. Teodora Stefanova Kiryakova-Dineva. | Assistant professor | Bulgaria |

Affiliation: | Assistant for foreign languages | Intenational Dialogue and Communication in Tourism | Common linguistics at the Departement of tourism |

Ph.D., Mohammad Valipour | Iran | Lectur in Payame Noor University |

Affiliation: | Payame Noor University, Tehran, Iran |

Prof. Dr. Eng., Hamid Ali Abed AL-Asadi | IRAK | Lecturer |

Affiliation: | Computer Science Department, Faculty of Education for Pure Science, Basra University, Basra, Iraq |

Lecture Kanoun Khedoudja | Algeria |

Affiliation: | Department of biology of the Faculty of the Nature Sciences and the Life | Laboratory of Molecular Microbiology Proteomics and Health | Djillali Laibés university of Sidi-Bel-Abbés 22000 | Algeria |

Professor, ZININI Mohamed | Morocco |

Affiliation : | Laboratory Natural Products, Synthesis and Molecular Dynamics, Department of Chemistry | Faculty of Sciences and Technology (FST) Errachidia | University My Ismail, Meknes, Morocco. |

ARTICLE 1.....1-8

**ADOPTION OF ELECTRIC VEHICLES AND RENEWABLE ENERGY CHARGING SYSTEMS IN BANGLADESH:
OPPORTUNITIES AND CHALLENGES**

| Mushfiq Us Salehin | Ishrak Amin Joarder | and | Sheikh Walid Hasan |. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023;17(6): 1-8. DOI : 10.5281/zenodo.10231788

ARTICLE 2.....9-15

ASPECTS OF ENSURING FINANCIAL SECURITY OF CONSTRUCTION ENTERPRISES

| Umarova Nargiza Khodarovna |. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023; 17(6): 9-15. DOI : 10.5281/ZENODO.10247216

ARTICLE 3.....16-22

**PREREQUISITES AND FEATURES OF TRANSITION OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN TO A "GREEN" ECONOMY AND
THE PRINCIPLES OF "GREEN" BUDGETING**

| Ahadbek KHAYDAROV |. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023; 17(6): 16-22. DOI: 10.5281/zenodo.10247223

ARTICLE 4.....23-33

**ÉTUDE APPROFONDIE DE LA CONTAMINATION CHIMIQUE PAR LE SULFATE D'ALUMINE ET LA CHAUX VIVE DANS
LES EAUX DU LAC TSIANDRAZANDOHA, AMBOSITRA, MADAGASCAR : CARACTERISATION ET CONTROLE**

IN-DEPTH STUDY OF CHEMICAL CONTAMINATION BY ALUMINUM SULFATE AND QUICKLIME IN THE WATERS OF LAKE
TSIANDRAZANDOHA, AMBOSITRA, MADAGASCAR: CHARACTERIZATION AND CONTROL

| Andry Harinaina, Rabearisoa | Bertrand, Manjolongo | et | Ravo Victoire, Nasolomampionona |. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023;17(6): 23-33. DOI: 10.5281/zenodo.10247271

ARTICLE 5.....34-40

**ENJEUX ET PERSPECTIVES DE L'ENSEIGNEMENT DES JEUX ET SPORTS TRADITIONNELS CONGOLAIS EN EDUCATION
PHYSIQUE ET SPORTIVE AU COLLEGE**

CHALLENGES AND PROSPECTS FOR TEACHING TRADITIONAL CONGOLESE GAMES AND SPORTS IN PHYSICAL AND
SPORTS EDUCATION AT SECONDARY SCHOOL LEVEL

| LEMBE Gorgon * | NZOBO-MAVOUNGOU Prince | et | NSITA KOUSSSIAMA Judicaël |. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023;17(6): 34-40. DOI : 10.5281/zenodo.10246764

ARTICLE 6.....41-52

**EVALUATION DE LA VULNERABILITE DES SOLS A L'EROSION HYDRIQUE DANS LA COMMUNE RURALE DE
KARIMAMA, NORD BENIN**

ASSESSMENT OF SOIL VULNERABILITY TO WATER EROSION IN THE RURAL COMMUNE OF KARIMAMA, NORTHERN
BENINC

| Hervé Dègla KOUMASSI * | et | Judith Eric Georges YETONGNON |. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023;17(6): 41-52. DOI : 10.5281/zenodo.10251091

ARTICLE 7.....53-60

**SENSIBILITE AUX ANTIBIOTIQUES DES AGENTS PATHOGENES BACTERIENS ISOLES DES FERMES PISCICOLES
COMMERCIALES DE PETITE ENVERGURE DANS LA DIVISION DU VINA, AU CAMEROUN**

ANTIBIOTIC SUSCEPTIBILITY OF BACTERIAL PATHOGENS ISOLATED FROM SMALL-SCALE COMMERCIAL FISH FARMS IN THE VINA DIVISION, CAMEROON

| Maoudombaye Théophile * | Assiam Djonimadji | et | Ngakou Albert |. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023;17(6): 53-60. DOI : 10.5281/zenodo.10358516

ARTICLE 8.....61-68
PALUDISME ET MORTALITÉ INFANTILE : ÉTUDE ÉPIDÉMIOLOGIQUE CHEZ LES ENFANTS DE 0 À 59 MOIS DANS LA ZS LUKONGA

MALARIA AND INFANT MORTALITY INFANTILE: ÉTUDE ÉPIDÉMIOLOGIQUE CHEZ LES ENFANTS DE 0 À 59 MOIS DANS LA LUKONGA SZ

| LUKADI BAMUE KABASU Sylvie | et | MULUMBA BETU KU MESU Clément * |. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023;17(6): 61-68. DOI : 10.5281/zenodo.10370994

ARTICLE 9.....68-77
CONTRIBUTION A L'ANALYSE DE LA PERCEPTION PAR LES HABITANTS DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIES AUX USINES D'EGREPAGE DE COTON DE SOFITEX AU BURKINA FASO

CONTRIBUTION TO THE ANALYSIS OF RESIDENTS' PERCEPTION OF ENVIRONMENTAL RISKS ASSOCIATED WITH COTTON GINNING FACTORIES OF SOFITEX IN BURKINA FASO

| Arnaud S.W. KABORE * | Alain P.K. GOMGNIMBOU | Hamadé SIGUE | Noël COMPAORE | Osée W. OUEDRAOGO | DEMBELE Basirou | et | Corentin Y. SOME |. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023;17(6): 68-77. DOI : 10.5281/zenodo.10425896

ARTICLE 10.....78-84
IMPACTS DE L'INOCULATION CROISEE DES RHIZOBIA SUR LA PRODUCTIVITE DU SOJA DANS LA REGION SOUDANO-GUINEENNE DU TCHAD ET DU CAMEROUN : UNE ANALYSE EXPERIMENTALE

IMPACTS OF RHIZOBIA CROSS-INOCULATION ON SOYBEAN PRODUCTIVITY IN THE SUDANO-GUINEAN REGION OF CHAD AND CAMEROON: AN EXPERIMENTAL ANALYSIS

| GOMOUNG Doloum* | KEMSOL NAGORNGAR Angéline | MAOUNDOMBAYE Théophile | TCHAMOGOYE K. B. | NGAKOU Albert | et | MBAILAO Mbaiguinam |. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023;17(6):78-84. DOI : 10.5281/zenodo.10409442

ARTICLE 11.....85-95
ÉTUDE NUMÉRIQUE DE LA CONVECTION ROTATOIRE AUTOUR D'UN ELLIPSOÏDE À PAROI SINUSOÏDALE

NUMERICAL STUDY OF ROTARY CONVECTION AROUND AN ELLIPSOID WITH A SINUSOIDAL WALL

| Martini ZAFINDRABIRA * | François d'Assise RAKOTOMANGA | Modeste RAMARAZARA | et | Edouard ALIDINA |. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023;17(6):85-95. DOI : 10.5281/zenodo.10429573

ARTICLE 12.....96-102
ÉTUDE DES OBSTACLES A LA PROFESSIONNALISATION DES ENSEIGNANTS DU PRIMAIRE DANS LES ECOLES PUBLIQUES CENTRALES MAHASOABE ET AMBALANDAPA A MADAGASCAR

STUDY OF OBSTACLES TO THE PROFESSIONALIZATION OF PRIMARY TEACHERS IN MAHASOABE AND
AMBALANDAPA CENTRAL PUBLIC SCHOOLS IN MADAGASCAR

| Andry Harinaina Rabearisoa * | Justin Romuald Rafanomezana | Arovanjanahary Randrianatoandro | Maxmin
Razanabary | Nasolo Sedravola Randimbiarison | Jemima Herma Razafitsiferana | . *Am. J. innov. res. appl. sci.*
2023; 17(6): 96-102. DOI: 10.5281/zenodo.10436565

This issue is made freely available as part of this journal's Open Archive.
American Journal of Innovative Research and Applied Sciences
Volume 17, Issue 6, Pages 1-102 (May, 2023)
Total of article: 12



The journal aims to encourage all researchers, PhD, Students and physicians from all fields to publish results that challenge current models, tenets or dogmas. The American Journal of Innovative Research and Applied Sciences aims to give all researchers equal opportunity to share ideas, develop their career and for their work to have greater impact around the world.

Copyright © October 2023: All Rights Reserved. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences* are the property of Atlantic Center for Research Sciences, and is protected by copyright laws CC-BY. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

Atlantic Center for Research Sciences : <https://www.american-jiras.com/index.html>
ISSN 2429-5396 = American Journal of Innovative Research & Applied Sciences.

Editor's Word:

salutations, avid readers, and a warm embrace to the realms of Volume 17, Issue 6 in the AJIRAS Journal, unfolding in the tapestry of 2023. Herein lies our profound delight in presenting an unparalleled amalgamation of articles, venturing into a kaleidoscope of subjects that encapsulate the forefront of advancements and research spanning diverse fields. This particular issue stands as a testament to the extensive spectrum of disciplines it covers, ranging from environmental science, health, genetics, engineering, to agriculture and others.

Our sincere gratitude extends to the authors whose contributions have intricately shaped the fabric of this issue. Their unyielding commitment and devotion to propelling scientific knowledge forward serve as pillars of commendation. The articles within these pages serve not merely as written words but as manifestations of arduous research, offering profound insights that mirror the authors' expertise and fervor within their respective domains.

We beckon our readers to embark on a journey into the reservoir of knowledge embedded in these articles—a trove where innovative methodologies, compelling insights, and thought-provoking discoveries eagerly await exploration. This edition of the AJIRAS Journal aspires to be more than a compendium; it seeks to be a catalyst, stimulating intellectual curiosity and fostering an environment for further research and scholarly discourse. It is our belief that the revelations and dialogues transpiring within these pages will significantly contribute to the evolution of scientific understanding and, consequently, the betterment of society at large.

Take a plunge into the captivating content of this issue, actively engaging with the groundbreaking research presented by our esteemed contributors. May this edition of the AJIRAS Journal not only serve as a source of information but also kindle new ideas, provoke critical thinking, and lay the groundwork for future breakthroughs within the scientific community.

Here's to an enriching and enlightening reading experience!

ÉTUDE DES OBSTACLES A LA PROFESSIONNALISATION DES ENSEIGNANTS DU PRIMAIRE DANS LES ECOLES PUBLIQUES CENTRALES MAHASOABE ET AMBALANDAPA A MADAGASCAR



STUDY OF OBSTACLES TO THE PROFESSIONALIZATION OF PRIMARY TEACHERS IN MAHASOABE AND AMBALANDAPA CENTRAL PUBLIC SCHOOLS IN MADAGASCAR

| **Andry Harinaina Rabearisoa**^{1*} | **Justin Romuald Rafanomezana**¹ | **Arovanjanahary Randrianatoandro**² | **Maxmin Razanabary**² | **Nasolo Sedravola Randimbiarison**³ | **Jemima Herma Razafitsiferana**² |

¹ Ecole Normale Supérieure | Sciences de l'éducation | Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique et en Education (LIDIE) | Fianarantsoa | Madagascar |

² Ecole Normale Supérieure | Sciences de l'éducation | Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique et en Education (LIDIE) | Fianarantsoa | Madagascar |

³ Facultés des lettres et des Sciences Humaines | Géographie et développement durable | Fianarantsoa | Madagascar |

DOI: 10.5281/zenodo.10436565 | Received November 23, 2023 | Accepted December 24, 2023 | Published December 27, 2023 | ID Article | Harinaina-Ref2-6-17ajiras231223 |

RESUME

Introduction : L'enseignement primaire dans les zones rurales d'un pays en voie de développement est souvent entravé par des problèmes qualitatifs liés aux enseignants. À Madagascar, la réalité vécue indique que l'on peut devenir enseignant avec ou sans une formation adéquate. **Objectifs** : Cette étude vise à examiner les obstacles qui entravent les performances scolaires des établissements primaires et compromettent la professionnalisation des enseignants dans les écoles publiques telles que l'EPP Centrale Mahasoabe et l'EPP Ambalandapa. **Méthodes** : L'étude a été menée dans la zone pédagogique de Mahasoabe en se concentrant sur deux écoles primaires publiques. La recherche adopte une approche qualitative, impliquant quarante enseignants, dont vingt-deux à l'EPP Centrale Mahasoabe et dix-huit à l'EPP Ambalandapa. Les méthodes comprennent des questionnaires et une analyse documentaire. Les enquêtes par questionnaire et les entretiens individuels semi-directifs ont été utilisés pour recueillir des informations sur les compétences des enseignants actifs et les difficultés auxquelles ils sont confrontés. Les entretiens individuels visaient à garantir la confidentialité des informations et à comprendre les sentiments et observations des enseignants dans leur profession. L'analyse documentaire a été employée pour exploiter les informations écrites sur les enseignants et leur métier. **Résultats** : Les résultats indiquent que la baisse du niveau académique, le manque de formation initiale et continue, la démotivation et le nombre insuffisant d'enseignants qualifiés contribuent à de médiocres performances scolaires dans les deux écoles étudiées. **Conclusions** : Sans des solutions efficaces et un engagement fort des responsables tels que l'État, les ministères concernés et les acteurs de l'éducation, la qualité de l'enseignement primaire continuera de se détériorer.

Mots-clés: professionnalisation, enseignants qualifiés, formation initiale, formation continue.

ABSTRACT

Introduction: Primary education in rural areas of a developing country is often hampered by quality problems related to teachers. In Madagascar, the lived reality indicates that one can become a teacher with or without adequate training. **Objectives**: This study aims to examine the obstacles that hinder the academic performance of primary schools and compromise the professionalization of teachers in public schools such as Central EPP of Mahasoabe and EPP Ambalandapa. **Methods**: The study was conducted in the Mahasoabe educational zone focusing on two public primary schools. The research adopts a qualitative approach, involving forty teachers, including twenty-two at Central EPP of Mahasoabe and eighteen at EPP Ambalandapa. Methods include questionnaires and literature review. Questionnaire surveys and semi-structured individual interviews were used to collect information on the skills of practicing teachers and the challenges they face. The individual interviews aimed to ensure confidentiality of information and to understand teachers' feelings and observations in their profession. Documentary analysis was used to exploit written information about teachers and their profession. **Results**: The results indicate that the decline in academic level, lack of initial and continuing training, demotivation and insufficient number of qualified teachers contribute to poor academic performance in the two schools studied. **Conclusions**: Without effective solutions and strong commitment from officials such as the State, relevant ministries and education stakeholders, the quality of primary education will continue to deteriorate.

Keywords: professionalization, qualified teachers, initial training, continuing training.

1. INTRODUCTION

Le rôle de l'enseignant est essentiel pour garantir une éducation inclusive, équitable et de qualité [1]. Dans les pays en voie de développement en général, et plus particulièrement à Madagascar, devenir enseignant est un objectif majeur pour de nombreux jeunes qui s'inscrivent dans des centres de formation pédagogique tels que les grandes écoles ou les instituts pédagogiques. Cependant, de nombreux pays dans le monde rencontrent des difficultés financières qui les empêchent de recruter et de former suffisamment d'enseignants pour assurer un accès universel à l'enseignement primaire et secondaire. Afin de pallier ce manque d'enseignants et de faciliter le déroulement des cours, certains pays recrutent des enseignants non qualifiés et non formés. Ces problèmes persistent de manière récurrente, ce qui peut nuire à la qualité de l'enseignement dispensé aux enfants.

À Madagascar, la réalité montre que l'on peut devenir enseignant après avoir suivi une formation initiale adéquate, mais il est également possible d'exercer ce métier sans diplôme ou avec un diplôme de niveau très bas (CEPE ou BEPC). Face à la mise en œuvre de l'objectif 4 des Objectifs de Développement Durable (ODD), qui vise à "assurer l'accès de tous à une éducation de qualité et promouvoir les possibilités d'apprentissage tout au long de la vie" [2], il est évident que le système éducatif malgache est fragile. Il est encore difficile pour le pays de combler le retard dans le développement de l'éducation, après l'échec de l'Objectif du Millénaire pour le Développement (OMD) qui visait à garantir une éducation pour tous. Ainsi, la professionnalisation des enseignants est encore insuffisamment prise en compte par les responsables éducatifs, en particulier dans les zones rurales où l'enseignement est dispensé dans le but de ne pas faire échouer une année scolaire, mais sans offrir les compétences nécessaires aux élèves. Notre étude vise à analyser les obstacles entravant les performances académiques des écoles primaires, ainsi que la promotion de la professionnalisation des enseignants dans des établissements tels que l'École Primaire Publique (EPP) Centrale Mahasoabe et l'EPP Ambalandapa.

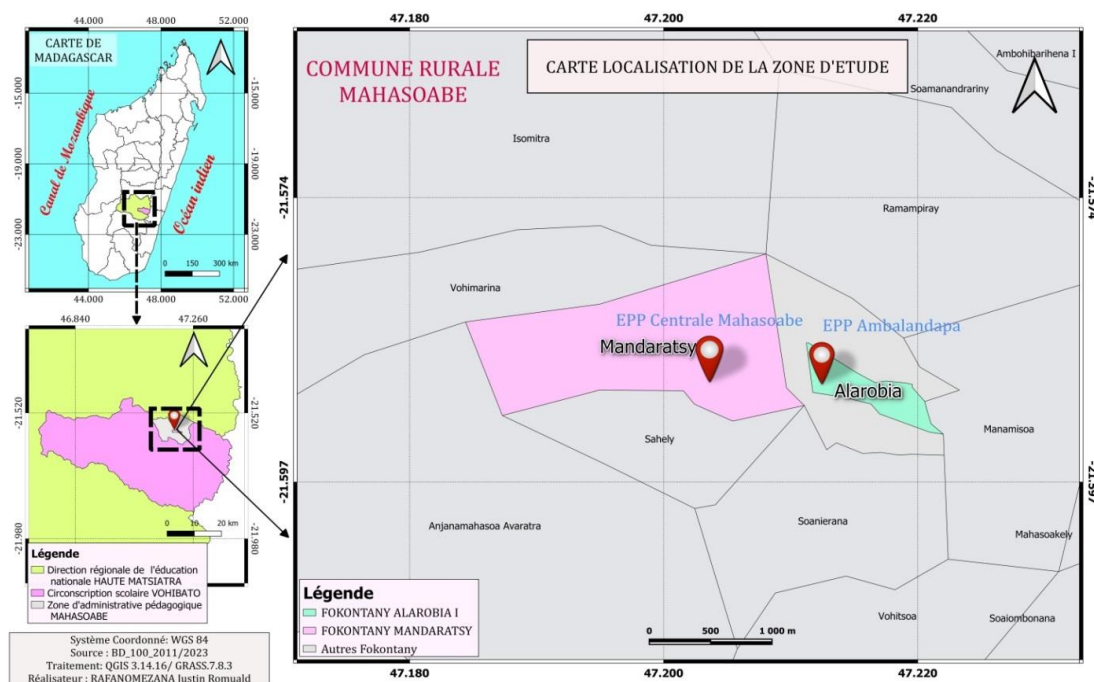
2. METHODOLOGIE

2.1. Type d'étude

Cette recherche est conduite en utilisant une approche qualitative, se concentrant sur la compréhension approfondie des phénomènes liés à l'enseignement dans les écoles primaires publiques de la zone d'administration pédagogique de Mahasoabe. L'utilisation du questionnaire structuré et de l'analyse documentaire vise à recueillir des données riches et des informations contextuelles. Cette approche qualitative permettra d'explorer en profondeur les connaissances, compétences, défis et pratiques des enseignants dans ce contexte particulier, offrant ainsi des perspectives nuancées pour une interprétation approfondie des résultats.

2.2 Contexte Géographique et Sélection des Participants

L'étude a été conduite au sein de deux écoles primaires publiques de la zone d'administration pédagogique de Mahasoabe, située à 25 km à l'est de la ville de Fianarantsoa. Ces écoles sont l'École Primaire Publique (EPP) Centrale Mahasoabe, localisée dans le fokontany d'Alarobia, et l'EPP Ambalandapa, établie dans le fokontany de Mandaratsy. La période de l'étude s'est étendue du 3 avril au 3 juin 2023. Voici une carte présentant la zone d'étude :



2.3 Sélection des Enseignants Participants

La sélection des enseignants a été effectuée en tenant compte des problèmes de qualité d'enseignement rencontrés dans les écoles publiques par rapport aux écoles privées. Quarante enseignants ont été inclus dans l'étude, répondant aux questionnaires qui leur ont été distribués, exprimant ainsi leurs opinions et sentiments.

Tableau 1 : Le tableau de répartition de l'échantillon pour les deux établissements et par sexe.

Sexe	EPP Centrale Mahasoabe	EPP Ambalandapa	EPP Ambalandapa
Homme	12	7	19
Femme	10	11	21
Total	22	18	40

(EPP : école primaire publique).

3.4. Collecte des Informations : Utilisation du questionnaire et de l'analyse documentaire

Le processus de collecte d'informations a été réalisé au moyen d'un questionnaire administré à quarante enseignants issus de deux écoles primaires distinctes. Ce questionnaire visait à évaluer divers aspects tels que les connaissances, les compétences, les difficultés rencontrées, ainsi que les matières jugées difficiles par les enseignants. La conception du questionnaire comprenait des questions fermées structurées autour de plusieurs thèmes, notamment la participation des enseignants à la formation initiale ou continue, les obstacles rencontrés lors de la pratique en classe, et les problèmes éventuels liés à l'enseignement. Ces problèmes pouvaient être liés à des lacunes en formation pédagogique, en didactique des disciplines, en langue française, en mathématiques, ou à une non-maîtrise de certaines disciplines enseignées.

De plus, des questions ouvertes ont été incluses dans le questionnaire afin de recueillir les opinions et les sentiments des enseignants. Ces questions portaient sur des aspects tels que la localité de service, les diplômes académiques les plus élevés obtenus, les diplômes ou certificats pédagogiques détenus, le type et le nombre de formations pédagogiques suivies, ainsi que les motivations des enquêtés pour choisir la profession enseignante. En complément, des questions à choix multiples ont été intégrées pour examiner le mode de recrutement des enseignants, avec la possibilité de répondre "via FRAM ou direct". De même, des questions à choix multiples ont été utilisées pour évaluer la perception de la facilité d'enseignement pour certaines disciplines, en justifiant les réponses données, ainsi que pour évaluer l'offre de formation proposée en répondant "suffisante ou insuffisante". Parallèlement à la collecte de données par le biais du questionnaire, une méthode d'analyse documentaire a été mise en œuvre pour exploiter les informations contenues dans des archives telles que le registre de classe et le cahier de bord des enseignants. L'objectif de cette analyse documentaire était de vérifier l'application des principes de gestion de classe et d'évaluer plus particulièrement les instruments régissant l'enseignement au sein de ces écoles primaires.

3. RESULTATS

Les tableaux ci-après représentent les résultats d'enquête menée auprès des enseignants sur la question de la formation reçue et les problèmes rencontrés lors de la pratique d'enseignement :

3.1. La formation académique des enseignants

Tableau 2 : Situation initiale des enseignants sur le niveau académique et leur mode de recrutement.

Diplômes	Mode de recrutement	Effectif	Pourcentage
BEPC	Direct	0	0%
	Via FRAM	16	40%
Baccalauréat	Direct	15	37,5%
	Via FRAM	9	22,5%
TOTAL		40	100%

(BEPC : Brevet d'étude du premier cycle ; FRAM : association des parents d'élèves).

Parmi les quarante enseignants enquêtés, 40 % de ceux recrutés via FRAM n'avaient initialement que le diplôme de BEPC, tandis que pour le diplôme de baccalauréat, 37,5 % de ceux recrutés par voie directe étaient concernés, tandis que les 22,5 % restants étaient recrutés via FRAM. La majorité des enseignants interrogés ne possédaient pas le niveau requis pour assurer l'enseignement fondamental.

3.2. La formation pédagogique des enseignants

3.2.1. La formation initiale

La formation initiale vise à préparer des nouveaux-maitres avec les bagages et références des compétences qui peuvent être présentés dans le cas réel de l'enseignement/apprentissage [4].

Tableau 3 : Résultats d'enquête sur la formation pédagogique des enseignants cibles.

Mode de recrutement	Diplômes et certificats pédagogique	Effectif	Pourcentage
Via FRAM	CFFP/EP	0	0%
	CAE/EB	8	20%
Direct	CFFP/EP	15	37,5%
	CAE/EB	0	0%
TOTAL	Aucun certificat	17	42,5%
		40	100%

CFFP/EP : certificat de fin de formation pédagogique de l'enseignement primaire ; *CAE/EB* : certificat d'aptitude de l'enseignement à l'éducation de base.

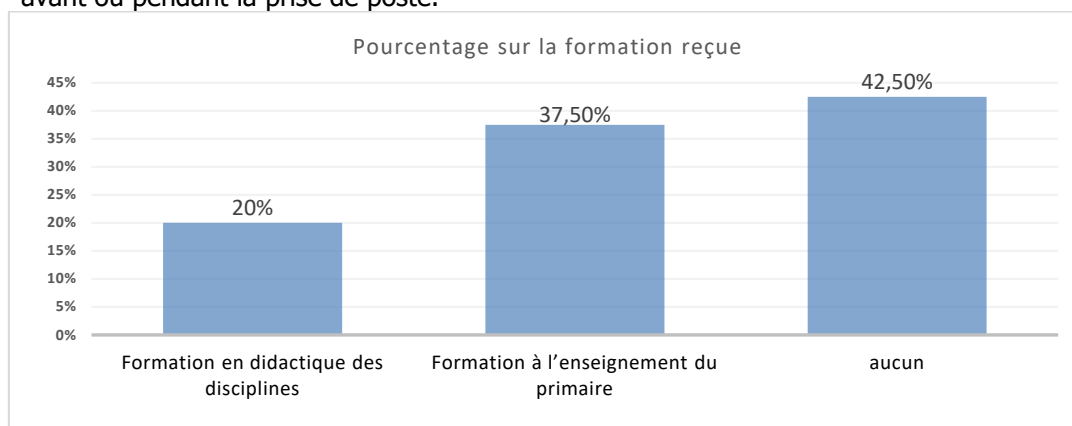
En général, aucun enseignant recruté via FRAM n'a obtenu le CFFP/EP avant d'occuper son poste. Parmi eux, 20 % possèdent le CAE/EB. En revanche, les enseignants recrutés directement ont systématiquement le CFFP/EP, mais aucun

d'entre eux n'est titulaire du CAE/EB. La situation est particulièrement préoccupante, avec 42,5 % des enseignants enquêtés ne détenant ni le CFFP/EP ni le CAE/EB, malgré leur rôle d'enseignant. Cette constatation souligne leur manque de professionnalisme et l'absence de processus de professionnalisation adéquat.

3.2.2. Formation continue acquise

La formation continue prépare les enseignants à des évolutions à plus court terme liées aux changements en cours ou prévus, ainsi qu'aux changements survenus récemment auxquels les enseignants ne sont pas encore ou insuffisamment préparés. Au cours de cette formation, les enseignants construisent leurs connaissances en pédagogie et dans les matières enseignées, développent leurs compétences en collaboration et en traitement de l'information, tout en prenant conscience de leur propre processus d'apprentissage.

Figure 2 : La figure suivante présente les résultats d'enquête sur la formation acquise avant ou pendant la prise de poste.



Sur les quarante enseignants enquêtés, 20% d'entre eux ont reçu une formation en didactiques des disciplines à l'école primaire. Par la suite, 37,5% sur les quarante enseignants ont participé à une formation à l'enseignement du primaire et la majorité d'eux (42,5%) n'a aucune formation. Cette mauvaise situation marque la liberté d'un établissement au recrutement des enseignants non-qualifiés ainsi que l'insuffisance des enseignants actifs.

3.3. La pratique de classe

3.3.1. Les disciplines difficiles

Trois disciplines du primaire ont été affirmées comme difficile d'après les enquêtes par question au choix multiple auprès des enseignants, à connaître le français, le calcul et les Sciences de la vie et de la terre.

Tableau 4 : Liste des disciplines difficiles lors de la pratique de classe pour les enseignants cibles.

Disciplines	Mode de recrutement	Effectif	Pourcentage
Français	Via FRAM	25	62,5%
	Direct	0	
Calcul	Via FRAM	15	37,5%
	Direct	0	
SVT	Via FRAM	11	27,5%
	Direct	0	
Aucun		15	37,5%

L'analyse des données de ce tableau révèle que parmi les quarante personnes interrogées, les enseignants recrutés via FRAM rencontrent des difficultés dans l'enseignement des matières à l'école : 62 % pour le français, 37,5 % pour le calcul et 27,5 % pour les SVT. En revanche, les enseignants recrutés directement, également appelés professionnels, ne rencontrent aucune difficulté dans l'enseignement de ces disciplines : seuls 37,5 % des quarante personnes interrogées maîtrisent bien l'objet de l'enseignement.

3.3.2. La pratique d'enseignement :

Les résultats obtenus par chaque paramètre ont été mesurés à partir des quarante enseignants enquêtés. Alors, chaque effectif affiché au tableau est donné par rapport au nombre des participants cibles.

Tableau 5: Résultats des QCM sur les lacunes constatées par les enseignants lors de la pratique de classe.

Paramètres	Mode de recrutement	Effectif	%
Lacune en formation pédagogique	Via FRAM	23	57,5%
	Direct	0	
Problème de la langue française	Via FRAM	16	40%
	Direct	0	
Manque de connaissance à l'utilisation des matériels didactiques	Via FRAM	18	45%
	Direct	0	
Aucun		15	37,5%

Il apparaît que les enseignants recrutés via FRAM présentent toujours des problèmes dans la pratique d'enseignement : 57,5% sur les quarante enquêtés affirmaient qu'ils ont des lacunes en formation pédagogique, 40% sur la lacune en langue française et 45% sur le manque de connaissance à l'utilisation des matériels didactiques. Ainsi, les enseignants recrutés direct ne présentaient aucun problème constaté grâce à la formation initiale qu'ils obtiennent avant la prise de service.

3.4. La motivation :

Les opinions des quarante enseignants dont la raison sur laquelle ils choisissent le métier enseignant définissent ses choix envers ses devoirs. Deux choix de raison ont été posés auprès des enseignants enquêtés.

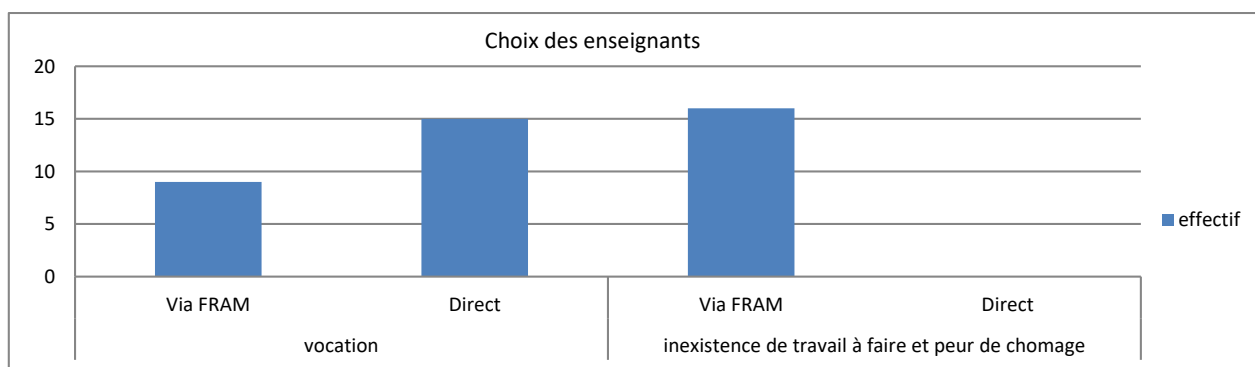


Figure 3: Résultats du sondage sur le choix des enseignants à son métier. **Via FRAM** : recruté par l'association des parents d'élèves ; **Direct** : recruté suivant la décision ministérielle

La lecture de cette figure nous permet de dire que les enseignants recrutés direct ont la forte inspiration à ses métiers (environ 37,5%) et ils sont aussi appelés professionnels. Par contre, 40% des quarante enseignants enquêtés présentent des mauvais pressentiments à ses métiers et ils seront encore loin du professionnalisme s'il n'y pas une mesure efficace à prendre. Cette situation pourra nuire la qualité de l'enseignement donnée aux élèves.

4. DISCUSSION

Enfin, le manque de motivation est un problème commun à tous les enseignants, en particulier en raison du choix de leur carrière. Les enseignants interrogés, en particulier ceux recrutés via FRAM, ne sont pas totalement motivés car ils n'ont pas la vocation de l'enseignement. Le manque de travail et la peur du chômage les poussent à postuler pour le métier d'enseignant. Cela a été démontré lors des entretiens menés auprès de quarante enseignants dans les deux écoles cibles de la recherche : 16 enseignants, soit 40 %, ont exprimé cette démotivation. Par conséquent, même lorsque les enseignants sont présents dans un établissement scolaire, cela ne signifie pas qu'ils passent tout leur temps à enseigner. Il est également possible que certains enseignants ne prennent pas en compte le nombre d'élèves et ne soient pas très enthousiastes dans l'accomplissement de leurs tâches [9].

En résumé, nous pouvons dire que les enseignants recrutés via FRAM, ayant un niveau académique de BEPC ou de baccalauréat, rencontrent des difficultés dans la pratique de la classe et font également preuve de démotivation. En revanche, les enseignants recrutés directement avec un niveau académique de baccalauréat ne rencontrent aucune difficulté et sont attirés par la vocation du métier. Si des mesures d'accompagnement efficaces ne sont pas prises, la qualité de l'enseignement dans ces deux écoles primaires rurales se dégradera et la professionnalisation des enseignants ne sera pas possible.

Il est important de comprendre ce que les enseignants proposent pour améliorer leurs connaissances et compétences en matière d'enseignement. S'il est souhaitable, il serait préférable de renforcer la formation continue en ciblant les enseignants non qualifiés et démotivés.

Nous avons analysé les données en examinant les facteurs qui influencent la qualité des enseignants dans les zones rurales, plus précisément dans l'école primaire publique centrale de Mahasoabe et l'école primaire publique d'Ambalandapa. Nous avons constaté que le mode de recrutement, le niveau académique, la formation pédagogique reçue, les difficultés rencontrées en classe et la motivation peuvent influencer la professionnalisation des enseignants. Il convient de préciser que l'ancienneté de service et le statut peuvent être des facteurs, mais pas nécessairement.

Les résultats attendus sont que tous les enseignants déjà en poste, qu'ils soient qualifiés ou non, bénéficieront ensemble d'une mise à jour de leurs compétences en s'inscrivant dans les centres de formation pédagogique pour ceux qui n'ont pas encore obtenu le CFFP/EP, et dans d'autres programmes de professionnalisation pour ceux qui possèdent déjà ce certificat pédagogique. L'objectif est que tous les enseignants dans l'éducation de base soient qualifiés pour enseigner aux enfants. Cela ne pourra jamais se réaliser sans l'intervention des acteurs concernés tels que l'État, les ministères et les responsables pédagogiques.

Bien que les résultats de cette étude fournissent des données pertinentes, elle présente néanmoins certaines limites. Tout d'abord, pour la collecte des informations auprès des établissements, nous avons rencontré des difficultés en raison des doutes des enseignants quant à la suite de l'entretien. Ils ont pensé que cette recherche était une inspection liée au ministère de l'Éducation nationale, ce qui a conduit à des données insatisfaisantes. D'autres recherches devraient être entreprises la prochaine fois pour éclaircir davantage les phénomènes entourant l'enseignement primaire, en se concentrant notamment sur la question qualitative des enseignants, ce qui permettrait d'obtenir des informations plus approfondies.

5. CONCLUSION

En conclusion, notre étude a examiné les problèmes entravant la professionnalisation des enseignants du primaire en milieu rural en se basant sur deux établissements primaires comme cas d'étude. Après avoir analysé les résultats, il est clair que la non-maîtrise de la langue française est un obstacle commun pour tous les enseignants dans les pays anciennement colonisés par la France, ce qui entraîne des difficultés dans l'enseignement de certaines disciplines et dans la mise en place d'une approche didactique efficace.

Selon notre point de vue, la professionnalisation des enseignants est un facteur clé pour améliorer l'enseignement, et cela passe par des aspects tels que le mode de recrutement, les qualifications requises, la disponibilité d'une formation continue et de recyclage de qualité, ainsi que la motivation des enseignants. Toutefois, la principale cause de ce manque de professionnalisation réside dans l'insuffisance de formation des enseignants dans les écoles de formation pédagogique.

Il est donc essentiel de prendre des mesures pour remédier à ces problèmes. Cela peut inclure le renforcement de la formation pédagogique des enseignants, en mettant l'accent sur l'amélioration de leur maîtrise de la langue française. De plus, il est nécessaire de revoir les critères de recrutement et de s'assurer que les enseignants possèdent les qualifications nécessaires pour exercer leur métier. Enfin, il est crucial d'investir dans des programmes de formation continue et de recyclage afin de permettre aux enseignants de développer leurs compétences professionnelles tout au long de leur carrière.

En adoptant ces mesures, nous pourrions progressivement améliorer la professionnalisation des enseignants du primaire en milieu rural, ce qui aura un impact positif sur la qualité de l'enseignement et, par conséquent, sur la réussite éducative des élèves.

Reconnaissance : Cette étude a été réalisée avec l'aide du Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique et en Education (LIDIE) de l'ENS Fianarantsoa ainsi que Madame Nasolo Sedravola Randimbarison³ et Monsieur Olivà Randrianasoavina dans la réalisation de la cartographie.

6. REFERENCES

1. UNESCO. Journée mondiale des enseignants 2020 : Chiffrés clés. UNESCO. 2020. Available from: https://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/world_teachers_day_fact_sheet_2020-fr.pdf
2. ONU. Transformer notre monde : le programme du développement durable à l'horizon 2030. Les objectifs de développement durable. 2015. Available from: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/development-agenda/>
3. Fonkeng Epah G, Chaffi CI, Bomda J. Précis de méthodologie de recherche en sciences sociales. Yaoundé, Cameroun : Accosup; 2004. 2002;32(2):307-317. doi:10.52155/ijpsat.v32.2.4357.
4. Perrenoud, P. La formation au métier d'enseignant : complexité, professionnalisation et démarche clinique. 1993. Paru in Association Québécoise Universitaire en Formation des Maîtres (AQUFOM), Compétence et formation des enseignants ?, Trois-Rivières, Coopérative universitaire de Trois-Rivières, pp. 3-36. Repris dans Perrenoud, Ph., La formation des enseignants entre théorie et pratique, Paris, L'Harmattan, 1994, chapitre IX, pp. 197-220. Available from: https://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_1993/1993_03.html
5. Deaudelin C, Lefebvre S, Brodeur M, Mercier J, Dussault M, Richer J. Évolution des pratiques et des conceptions de l'enseignement, de l'apprentissage et des TIC chez des enseignants du primaire en contexte de développement professionnel. 2005;31(1):79-110. <https://doi.org/10.7202/012359er>. Available from: <https://id.erudit.org/iderudit/012359ar>

6. Christiane G., Marta A., Yvon B., Benoît C., Jacques C. La construction identitaire de l'enseignant sur le plan professionnel : un processus dynamique et interactif. *Revue des sciences de l'éducation*. 2001;27(1): 3-32.
7. Gray, P., Miller, A., Noakes, J. (éditeurs). (1994). *Challenging Behaviour in Schools: Teacher support, practical techniques, and policy development* (1ère édition). Available from: <https://www.routledge.com/Challenging-Behaviour-in-Schools-Teacher-support-practical-techniques/Gray-Miller-Noakes/p/book/9780415099745>
8. Graudeau, N., Royer, E., Baeumont, C. and Frenette, E. Gestion positive des situations de classe : un modèle de formation en cours d'emploi pour aider les enseignants du primaire à prévenir les comportements difficiles des élèves. *Enfance en difficulté*. 2012 ; 1 : 85-115. <https://doi.org/10.7202/1012124ar>.
9. Lewin, K .M. et Stuart, J.S. Researching teacher education: new perspectives on practice, performance and policy. 2003. Brighton Center for International Education, University of Sussex. Available from: <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a08d1d40f0b652dd001780/Educationalpaper49a.pdf>
10. Akyeampong, K., Stuart, C., Miranda, D. C. Améliorer l'enseignement et l'apprentissage. Juillet 2019. Document de consultation pour le mécanisme de partage de connaissances et d'innovations (KIX), 49 pages. Available from: <https://assets.globalpartnership.org/s3fs-public/document/file/2019-07-kix-Ameliorer-enseignement-apprentissage.pdf>
11. Loi 78-040 du 11 juillet 1978 portant nouvelle orientation du système d'éducation et de formation à Madagascar.
12. Allain Bruno Solofomiarana Rapanoël. Les problèmes de la langue d'enseignement à Madagascar : les dysfonctionnements de la loi 94-033. *Kabaro, revue internationale des Sciences de l'Homme et des Société. Interethnicité et interculturalité à île Maurice*, 2008 ;IV(4-5): 153-171. Available from: <https://hal.univ-reunion.fr/hal-03484900>
13. Clegg, J. et Afitska, O., Enseigner et apprendre en deux langues dans les classes africaines. *Bristol, University of Brighton. Education comparée*. 2010; 47(1): 61-77. Doi:10.1080%2F03050068.2011.541677.
14. Priscillia Boyer. Les lacunes en français des jeunes enseignants : un frein à l'insertion professionnelle. *Formation et profession*. 2013 ;21(1):65-67. doi:10.18162/fp.2013.a14.



How to cite this article **Andry Harinaina Rabearisoa, Justin Romuald Rafanomezana, Arovanjanahary Randrianatoandro, Maxmin Razanabary, Nasolo Sedravola Randimbiarison et Jemima Herma Razafitsiferana. ÉTUDE DES OBSTACLES A LA PROFESSIONNALISATION DES ENSEIGNANTS DU PRIMAIRE DANS LES ECOLES PUBLIQUES CENTRALES MAHASOABE ET AMBALANDAPA A MADAGASCAR. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023; 17(6): 96-102. DOI: 10.5281/zenodo.10436565**

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

ÉTUDE NUMÉRIQUE DE LA CONVECTION ROTATOIRE AUTOUR D'UN ELLIPSOÏDE À PAROI SINUSOÏDALE

NUMERICAL STUDY OF ROTARY CONVECTION AROUND AN ELLIPSOID WITH A SINUSOIDAL WALL



| Martini ZAFINDRABIRA ^{1*} | François d'Assise RAKOTOMANGA ^{1,2} | Modeste RAMARAZARA ^{1,2} | et | Edouard ALIDINA ^{1,2} |

1. Université d'Antsirananana | Ecole doctorale thématique, Energie renouvelable et Environnement | Laboratoire de Mécanique des Fluides et Systèmes Energétiques Appliqués (LMFSEA) | B.P 0 Antsirananana 201 | Madagascar |
2. Université d'Antsirananana | Faculté des Sciences | B.P 0 Antsirananana 201 | Madagascar |

| DOI: 10.5281/zenodo.10429573 | | Received November 22, 2023 | | Accepted November 23, 2023 | | Published December 24, 2023 | | ID Article | Martini-Ref1-6-17ajiras221223 |

RESUME

Contexte : Les écoulements en convection autour des corps à symétrie de révolution en rotation ont suscité beaucoup d'intérêts dans le domaine industriel, notamment dans le processus de dépôts des composés chimiques en phase gazeuse. Le présent article contribue à l'étude de la convection rotatoire autour d'un ellipsoïde à paroi sinusoidale, en rotation uniforme autour de son axe vertical et immergé dans un fluide newtonien. **Objectif** : L'analyse de l'effet de l'amplitude sinusoidale de la protubérance a_1 et du facteur de forme R sur la structure thermique de l'écoulement fait l'objet de cette étude. En effet, une simulation numérique a été réalisée pour décrire le transfert thermique et l'écoulement de type couche limite qui se déroule en convection rotatoire laminaire et permanent. La paroi de l'ellipsoïde est portée à une température très élevée, environ 500 °C, pour permettre de prendre en compte de la variabilité des propriétés physiques du fluide. **Méthode** : Les équations de conservation, présentées sous forme adimensionnelles et réécrites dans le système de coordonnées homotopiques, sont discrétisées à l'aide d'un schéma implicite aux différences finies. Et, les systèmes d'équations obtenus sont résolus numériquement par l'algorithme de Thomas à partir d'un code de calcul élaboré en langage Fortran. **Résultats** : Les résultats issus de la simulation numérique sont présentés par des profils adimensionnels des vitesses et de la température ainsi que par ceux du nombre de Nusselt et des coefficients de frottement sur la paroi. L'augmentation de l'amplitude et l'allongement de l'ellipsoïde développent les couches limites hydrodynamiques. Les creux sur la paroi ne perturbent pas l'échange thermique entre la paroi et milieu environnemental. Le nombre de Nusselt tient une fonction non sinusoidale et non périodique pour la paroi lisse. **Conclusion** : Nous montrons que la diminution de a_1 et l'allongement de l'ellipsoïde diminuent la vitesse du fluide le long de la paroi, et que la paroi ondulée et l'aplatissement de l'ellipsoïde agrandissent la surface d'échange entre la paroi et les particules fluides, ce qui provoquent l'apparition de la couche limite loin de mur de l'ellipsoïde. L'amplitude protubérance ne fait pas de significatrice avec la température du fluide à la paroi. Nous constatons également que les coefficients de frottement et le nombre de Nusselt croissent avec le facteur de forme R . Il y a aussi un point indépendant du facteur de forme R sur le profil de nombre Nusselt.

Mots-clés : transfert thermique, écoulement de la convection rotatoire, régime laminaire et permanent, ellipsoïde de révolution, paroi sinusoidale, propriétés physiques variables.

ABSTRACT

Background: Convective flows around bodies with rotational symmetry of revolution have aroused a lot of interest in the industrial field, especially in the process of deposition of chemical compounds in the gas phase. This paper contributes to the study of rotational convection around a sinusoidal-walled ellipsoid, uniformly rotating around its vertical axis and immersed in a Newtonian fluid. **Objective**: The analysis of the effect of the sinusoidal amplitude of the protuberance a_1 and the form factor R on the thermal structure of the flow is the subject of this study. Indeed, a numerical simulation was carried out to describe the heat transfer and the boundary layer flow that takes place in laminar and permanent rotary convection. The wall of the ellipsoid is heated to a very high temperature, about 500 °C, to allow for variability in the physical properties of the fluid. **Method**: The conservation equations, presented in dimensionless form and rewritten in the homotope coordinate system, are discretized using an implicit finite difference scheme. And, the resulting systems of equations are solved numerically by Thomas' algorithm from a computational code developed in the Fortran language. **Results**: The results of the numerical simulation are presented by dimensionless profiles of velocities and temperature as well as by those of the Nusselt number and the coefficients of friction on the wall. The increase in amplitude and the elongation of the ellipsoid develops the hydrodynamic boundary layers. The hollows on the wall do not disturb the thermal enchantment between the wall and the environmental environment. The Nusselt number holds a non-sinusoidal and non-periodic function for the smooth wall. **Conclusion**: We show that the decrease of a_1 and the elongation of the ellipsoid decrease the velocity of the fluid along the wall, and that the wavy wall and the flattening of the ellipsoid enlarge the exchange surface between the wall and the fluid particles, which causes the boundary layer to appear away from the wall of the ellipsoid. The amplitude of the protuberance does not make a significant difference with the temperature of the fluid at the wall. We also find that the coefficients of friction and the Nusselt number increase with the form factor R . There is an independent point of the form factor R on the Nusselt number.

Keywords: heat transfer, rotational convection flow, laminar and steady state, ellipsoid of revolution, sinusoidal wall, variable physical properties.

1. INTRODUCTION

Le phénomène de convection autour des corps à symétrie de révolution présente un intérêt technologique majeur depuis ces dernières décennies. De nombreux travaux ont été alors consacrés à l'étude de la convection engendrée ou non par la rotation du corps de révolution à paroi uniforme ou non uniforme. Parmi ces travaux, Rakotomalala et al., (1994) ont

présenté une étude concernant la convection mixte autour de corps à symétrie de révolution. Ils ont montré que la méthode semi-analytique permet d'explorer le comportement près du point d'arrêt, la convection rotatoire est négligeable pour $B \leq 1$, la convection axiale est négligeable pour $\Omega \geq 0.1$ [1]. Cherif et al, (1997) ont analysé numériquement le contrôle hydrodynamique des couches limites thermiques en convection mixte autour d'ellipsoïdes aplatis axisymétriques. Les auteurs ont résolu l'équation de la couche limite laminaire et permanente qui entoure des corps à symétrie de révolution, portés à la température de 500 °C, en rotation uniforme autour d'un axe vertical dans un écoulement axial ascendant de gaz d'hydrogène à 25 °C. Ils ont montré qu'il est possible de contrôler la croissance de la couche limite en agissant sur le profil des corps [2].

Mayoudf et al., (2005) ont mené une étude numérique de la convection naturelle thermique et massique laminaire et permanente dans la couche limite entourant un tronc cône à paroi sinusoïdale. Ils ont constaté que l'augmentation de l'amplitude sinusoïde à la paroi du tronc de cône conduit généralement à la diminution des nombres locaux et moyens de Nusselt et de Sherwood [3]. Kotoucet al., (2007) ont étudié la transition à la tridimensionnalité de l'écoulement autour d'une sphère fixe en convection mixte. Ils ont observé que l'effet du chauffage sur une sphère placée dans un écoulement retarde l'apparition du détachement de la couche limite autour de la sphère. Ils ont distingué deux types de recirculations en aval de la sphère, selon les valeurs des paramètres $Ri - Re$, et ont montré que le type de recirculation influence l'échange thermique entre le fluide froid et la sphère chaude [4]. Ramarozara et al., (2007) ont réalisé une étude de la convection mixte engendrée par la rotation uniforme d'un ellipsoïde de révolution, plongé dans un écoulement ascendant d'air à propriétés physiques variables. Ils ont montré que la rotation de l'ellipsoïde fait élever la température du fluide, engendrant ainsi une diminution de la viscosité du fluide [5]. Ulrich, (2016) a étudié l'influence de l'angle d'inclinaison et du facteur de forme sur la convection mixte autour d'un ellipsoïde de révolution. Il a constaté que l'épaisseur de la couche limite varie avec l'abscisse curviligne et l'angle d'inclinaison [6]. Bezandry et al., (2017) ont présenté une étude numérique de la convection rotatoire pure autour d'un cône de révolution. Ils ont prouvé que les vitesses méridienne, azimutale, normale, et la température, sont indépendantes de l'angle azimutal ϕ_+ . Ils ont également analysé l'effet de la vitesse de rotation Ω du cône sur la vitesse méridienne [7]. Martini et al., (2023) ont fait l'étude de transfert thermique par convection naturelle laminaire dans la couche limite autour d'un ellipsoïde a paroi sinusoïdale. Ils ont montré que la variabilité des propriétés physiques développe l'épaisseur de la couche limite, mais la protubérance sinusoïdale n'a pas d'effet significative sur l'échange thermique [8]. Dans le présent travail, nous présentons une contribution à l'étude numérique de la convection rotatoire autour d'un ellipsoïde dont la paroi a un profil sinusoïdal et qui tourne à vitesse constante autour de son axe vertical. L'objectif principal de ce travail consiste à déterminer la distribution des vitesses et de la température dans la couche limite entourant le corps considéré et à analyser l'effet de l'amplitude protubérance et du facteur de forme sur la structure de l'écoulement et le transfert thermique.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1 Modèle physique

Le système étudié se compose d'un ellipsoïde de révolution en rotation uniforme autour de son axe vertical, sa paroi suivant un profil sinusoïdal (Figure 1). Le corps est immergé dans un fluide newtonien incompressible, spécifiquement du gaz hydrogène. La paroi du corps est maintenue à une température constante $T_P = 500$ °C, nettement supérieure à la température $T_\infty = 25$ °C du fluide à l'infini.

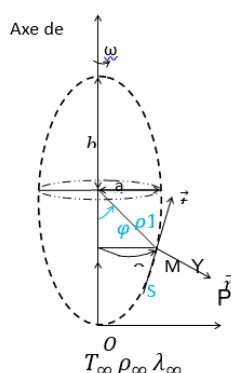


Figure 1 : Représentation schématique du modèle

Outre les considérations décrites ci-dessus, nous adoptons les hypothèses simplificatrices suivantes :

- L'écoulement est permanent et en régime laminaire,
- Le rayonnement et la dissipation visqueuse sont négligeables,
- Les propriétés physiques du fluide à l'infini, se comportant comme un gaz parfait, sont supposées constantes.

Dans la procédure numérique, nous prenons en compte également de la variabilité avec la température des propriétés physiques du gaz hydrogène [8].

2.2 Equations de transfert dans la couche limite

2.2.1 Equation de continuité

$$\frac{\partial(\rho U)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho V)}{\partial y} + \frac{\rho U}{r} \frac{dr}{dx} = 0 \quad (1)$$

2.2.2 Equations de la quantité de mouvement

a) Suivant x

$$\rho \left(U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} - \frac{W^2}{r} \frac{\partial r}{\partial x} \right) = \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu \frac{\partial U}{\partial y} \right) \quad (2)$$

avec $S_x = \sin \varphi$, $f(x) = a1 \sin \left[2\pi \left(\frac{x-x_0}{\lambda_0} \right) \right]$ et $r = \rho l \sin \varphi + f(x) \cos \varphi$

b) Suivant θ

$$\rho \left(U \frac{\partial W}{\partial x} + V \frac{\partial W}{\partial y} + \frac{WU}{r} \frac{\partial r}{\partial x} \right) = \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu \frac{\partial W}{\partial y} \right) \quad (3)$$

2.3.3 Équation de la chaleur

$$\rho C_p \left(U \frac{\partial T}{\partial x} + V \frac{\partial T}{\partial y} \right) = \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) \quad (4)$$

2.4 Conditions aux limites

- A la surface ondulée : $y = f(x)$ et $x \geq x_0$

$$T(x, 0) = T_\infty; U(x, 0) = 0; W = \omega r \text{ et } V(x, 0) = 0 \quad (5)$$

- Loin de la paroi : $y \rightarrow \infty$

$$T(x, y) = 0; U(x, y) = 0 \text{ et } W(x, y) = 0 \quad (6)$$

2.5 Grandeurs caractéristiques

- Nombre de Nusselt :
$$N_u = - \frac{L}{(T_p - T_\infty) \lambda_\infty} \left[\lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right]_{y=0} \quad (16)$$

- Nombre de Reynolds de rotation :
$$R_{ew} = \frac{\omega L^2}{\nu_\infty} \quad (17)$$

- Contraintes à la paroi :
$$\tau_{px} = \left[\mu \frac{\partial U}{\partial y} \right]_{y=0}; \tau_{p\theta} = \left[\mu \frac{\partial W}{\partial y} \right]_{y=0} \quad (18)$$

- Coefficient de frottement :
$$Cf_u = \frac{\tau_{px}}{\rho_\infty \omega L}; Cf_\theta = \frac{\tau_{p\theta}}{\rho_\infty \omega L} \quad (19)$$

2.6 Transformation des équations adimensionnelles

En utilisant les variables adimensionnelles suivantes :

$$x_+ = \frac{x}{L}; y_+ = \frac{y}{L} \left(R_{ew}^{\frac{1}{2}} \right); \varphi_+ = \frac{\varphi}{\pi}; r^+ = \frac{r}{L}; a1 = \frac{A}{L}; \rho_+ = \frac{\rho}{\rho_\infty}; \mu_+ = \frac{\mu}{\mu_\infty}; C_p^+ = \frac{C_p}{C_{p_\infty}}; \lambda_+ = \frac{\lambda}{\lambda_\infty}$$

$$U^+ = U \left(\frac{1}{\omega L} \right); W^+ = W \left(\frac{1}{\omega L} \right); T^+ = \frac{T - T_\infty}{T_p - T_\infty}; V^+ = V \left(\frac{R_{ew}^{\frac{1}{2}}}{\omega L} \right)$$

$$\xi = x_+; \eta = \frac{y_+ - F(x)}{x_+^{\frac{1}{4}} - F(x)}; \xi \geq 0 \text{ et } 0 \leq \eta \leq 1$$

avec $F(\xi) = a1 \sin(2\pi\xi)$, $F'(\xi) = 2\pi a1 \cos(2\pi\xi)$ et $r(\xi) = \rho1 \sin(\varphi_+) + F(\xi) \cos(\varphi_+)$ On utilise ces transformations pour écrire les équations des transferts et les conditions aux limites dans le système de coordonnées (ξ, η) . Dans ce référentiel, les dérivées partielles sont exprimées comme suit :

$$\frac{\partial \xi}{\partial x_+} = 1; \frac{\partial \xi}{\partial y_+} = \eta_{xx} = \eta_{yy} = \frac{\partial r^+}{\partial \eta} = 0; \frac{\partial \eta}{\partial y_+} = \eta_y = \frac{1}{\xi^{\frac{1}{4}} - F(\xi)} \text{ et } \frac{\partial \eta}{\partial x_+} = \eta_x = \frac{\left((\eta - 1)F'(\xi) - \eta \frac{\xi^{\frac{3}{4}}}{4} \right)}{\xi^{\frac{1}{4}} - F(\xi)}$$

2.6.1 Equation de continuité

$$\frac{\partial}{\partial \xi} (\rho_+ U^+) + \eta_x \frac{\partial}{\partial \eta} (\rho_+ V^+) + \eta_y \frac{\partial}{\partial \eta} (\rho_+ V^+) + \frac{\rho_+ U^+}{r^+} \left(\frac{\partial r^+}{\partial \xi} \right) = 0 \tag{20}$$

2.6.2 Équations de la quantité de mouvement

$$\rho_+ \left[U^+ \left(\frac{\partial U^+}{\partial \xi} + \eta_x \frac{\partial U^+}{\partial \eta} \right) + V^+ \eta_y \frac{\partial U^+}{\partial \eta} - \frac{W^2 \partial r^+}{r^+ \partial \xi} \right] = \eta_y^2 \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\mu_+ \frac{\partial U^+}{\partial \eta} \right) \tag{21}$$

$$\rho_+ \left[U^+ \left(\frac{\partial W^+}{\partial \xi} + \eta_x \frac{\partial W^+}{\partial \eta} \right) + V^+ \eta_y \frac{\partial W^+}{\partial \eta} + \frac{W^+ U^+ \partial r^+}{r^+ \partial \xi} \right] = \eta_y^2 \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\mu_+ \frac{\partial W^+}{\partial \eta} \right) \tag{22}$$

2.6.3 Équation de la chaleur

$$\rho_+ C_{p^+} \left[U^+ \left(\frac{\partial T^+}{\partial \xi} + \eta_x \frac{\partial T^+}{\partial \eta} \right) + \eta_y V^+ \frac{\partial T^+}{\partial \eta} \right] = \frac{\eta_y^2}{Pr} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\lambda_+ \frac{\partial T^+}{\partial \eta} \right) \tag{23}$$

2.6.4 Transformation des conditions aux limites

- A la surface ondulée : $\eta = 0$ et $\xi \geq x_0$

$$T^+(\xi, 0) = U^+(\xi, 0) = 0; W^+(\xi, 0) = r^+ \tag{34}$$

- Loin de la paroi : $\eta \rightarrow \infty$

$$T^+(\xi, \eta) = U^+(\xi, \eta) = W^+(\xi, \eta) = 0 \tag{25}$$

2.6.5 Nombre de Nusselt et coefficients de frottement

- Nombre de Nusselt $N_u = -R_{ew}^{\frac{1}{2}} \eta_y \lambda_+ \left(\frac{\partial T^+}{\partial \eta} \right)_{\eta=0}$ (26)

- Coefficients de frottements :

$$Cf_u = 2R_{ew}^{-\frac{1}{2}} \eta_y \mu_+ \left(\frac{\partial U^+}{\partial \eta} \right)_{\eta=0} ; Cf_\theta = 2R_{ew}^{-\frac{1}{2}} \eta_y \mu_+ \left(\frac{\partial W^+}{\partial \eta} \right)_{\eta=0} \tag{27}$$

2.7 Résolution numérique

Les équations de continuité, de quantité de mouvement et de la chaleur avec les conditions limites associées sont discrétisées par une méthode implicite aux différences finies. On a ainsi les équations de quantité de mouvement et de la chaleur sous la forme de :

$$A_j X_{j-1} + B_j X_j + C_j X_{j+1} = D_j \quad 2 \leq J \leq \max - 1 \text{ et résolu par l'algorithme de Thomas.}$$

Le critère de convergence pour vérifier simultanément T, U et V est défini comme :

$$\left| \frac{\max(F^{N+1} - F^N)}{\max(F^N)} \right| \leq 10^{-6} \tag{28}$$

Une approche de discrétisation à trois points est utilisée pour déterminer les dérivées partielles du Nombre Nusselt et des coefficients de frottement.

2.8 Validation du code de calcul

Afin de valider notre code numérique, nous avons comparé nos résultats avec ceux de la littérature portant sur la convection naturelle autour d'une sphère dans un écoulement ascendant d'air, conformément aux travaux de Modeste RAMARAZARA et al., en 2007 [5]. Nous avons représenté graphiquement le profil de la température adimensionnelle en fonction de la coordonnée normale pour $x^+ = 30^\circ$ et différentes valeurs de R, mettant en évidence l'effet du facteur de forme. Nous avons observé une bonne concordance entre nos résultats et ceux de la référence.

Tableau 1 : Comparaison du champ de la température adimensionnelle en fonction de Y^*

Ordonnée η	Présent travail	Ramarozara et al 2007 [5].
0	1	1
0,022	0,82658	0,82658
0,044	0,69465	0,69465
0,066	0,59191	0,59191
0,088	0,51031	0,51031
1,012	0,02607	0,02595
1,034	0,02493	0,02482
1,056	0,02386	0,02377
1,078	0,02284	0,02279
1,1	0,02187	0,02164
2,002	0,00468	0,00451
2,024	0,00452	0,00431
2,046	0,00437	0,00431
2,068	0,00423	0,004203
2,09	0,00409	0,004
3,014	0,0011	0,0009
3,036	0,00107	0,001
3,058	0,00104	0,00102
3,08	0,00101	0,00009
3,102	9,84E-04	8,89E-04
4,004	3,42E-04	2,92E-04
4,026	3,34E-04	2,79E-04
4,048	3,26E-04	2,67E-04
4,07	3,19E-04	2,62E-04
4,092	3,12E-04	2,58E-04
5,016	1,32E-04	1,29E-04

(b)

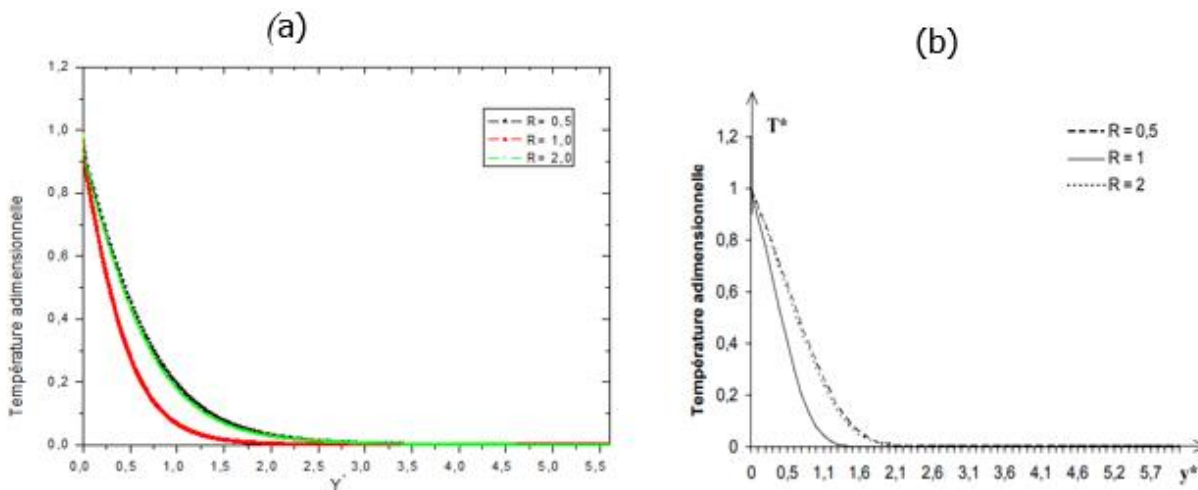


Figure 2 : Comparaison de nos résultats (a) avec ceux de Modeste RAMARAZARA et al., 2007 [5]. (b).

3.RESULTATS

3.1. Effet de l'amplitude sinusoïdale

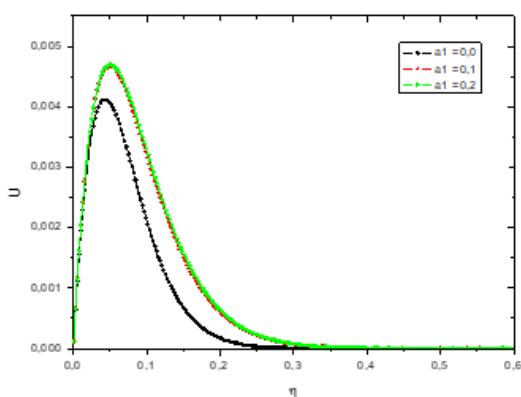


Figure 3 : Évolution de la vitesse méridienne en fonction de η et pour $R= 0.5$ et plusieurs valeurs de a_1

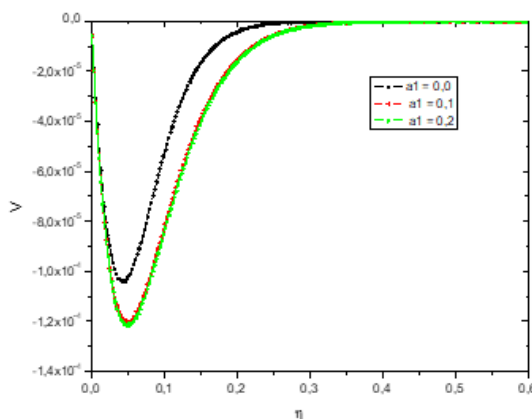


Figure 4 : Évolution de la vitesse normale en fonction de η pour $R= 0.5$ et plusieurs valeurs de a_1

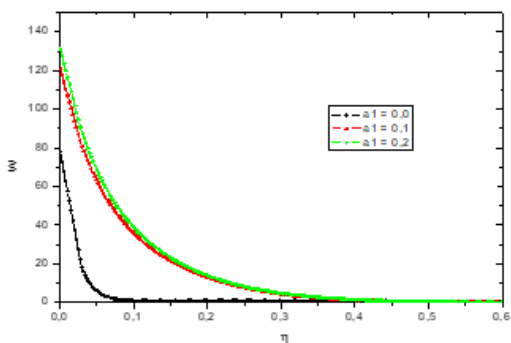


Figure 5 : Évolution de la vitesse azimutale en fonction de η pour $R= 0.5$ et plusieurs valeurs de a_1

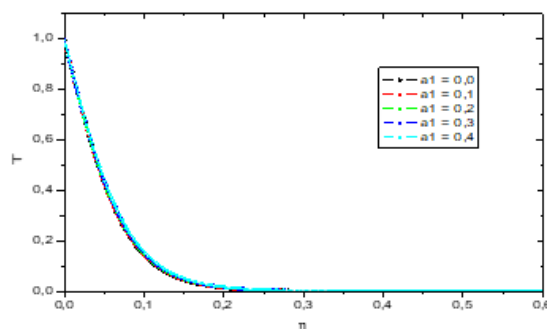


Figure 6 : Évolution de la température en fonction de η pour $R= 0.5$ et plusieurs valeurs de a_1

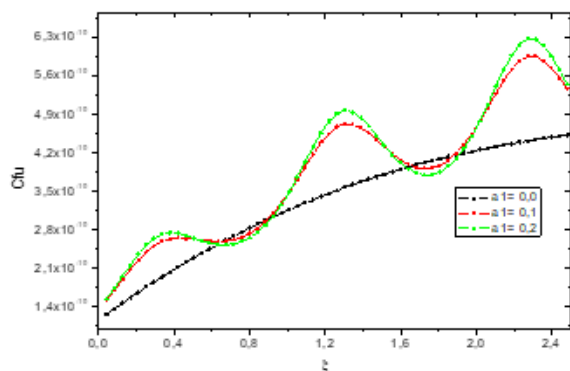


Figure 7 : Évolution de Cf_u en fonction de ξ pour $R= 0.5$ et plusieurs valeurs de a_1

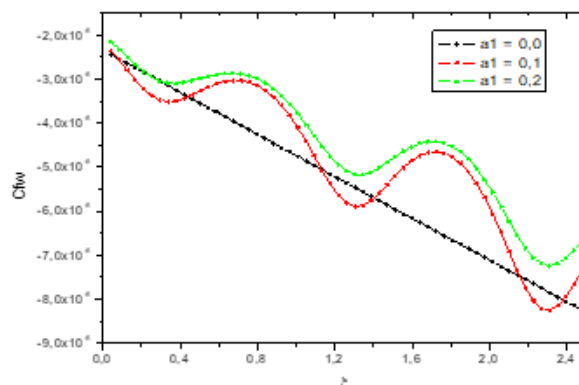


Figure 8 : Évolution de Cf_w en fonction de ξ pour $R= 0.5$ et plusieurs valeurs de a_1

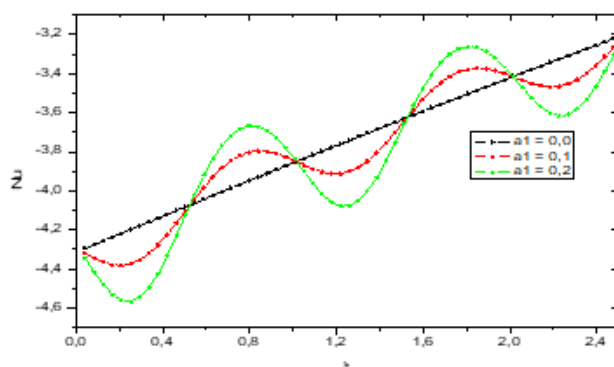


Figure 9 : Évolution de Nu en fonction de ξ pour $R= 0.5$ et plusieurs valeurs de a_1

3.2. Effet du facteur de forme

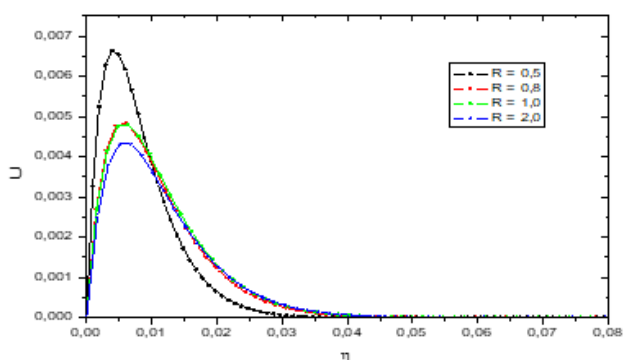


Figure 10 : Évolution de la vitesse méridienne fonction de η pour $a_1 = 0.2$ et plusieurs valeurs de R

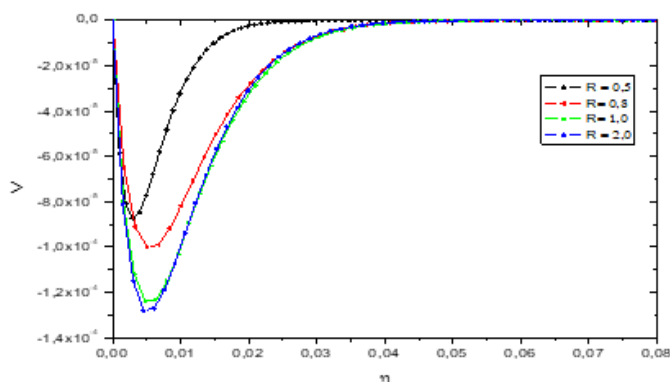


Figure 11 : Évolution de la vitesse normale en fonction de η pour $a_1 = 0.2$ et plusieurs valeurs de R

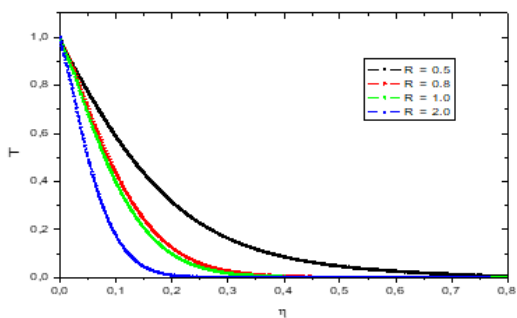


Figure 12 : Évolution de la température en fonction de η pour $a_1 = 0.2$ et plusieurs valeurs de R

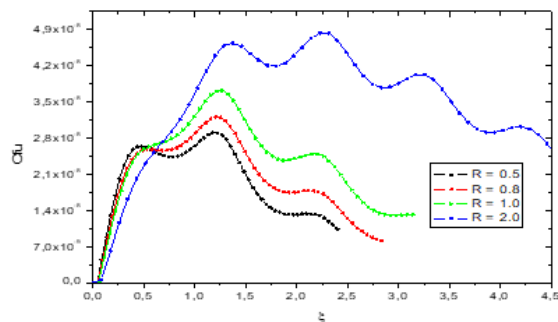


Figure 13 : : Évolution de Cf_u en fonction de ξ pour $a_1 = 0.2$ et plusieurs valeurs de R

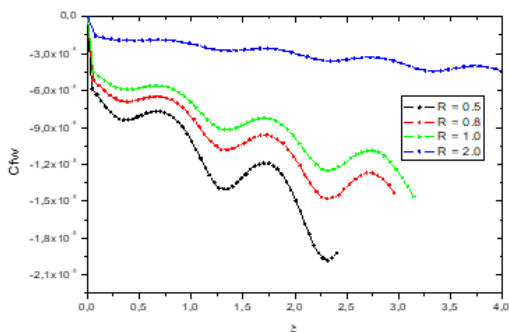


Figure 14 : Évolution de Cf_w en fonction de ξ pour $a_1 = 0.2$ et plusieurs valeurs de R

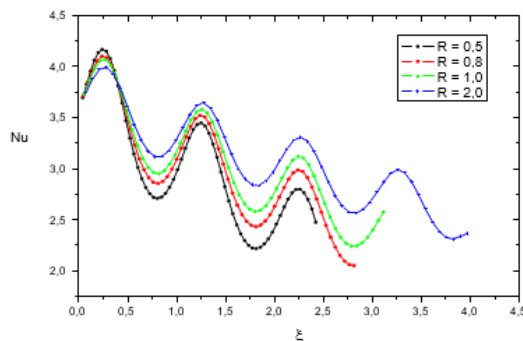


Figure 15 : Évolution de Nu en fonction de ξ pour $a_1 = 0.2$ et plusieurs valeurs de R

3.RESULTATS

3.1. Effet de l'amplitude sinusoïdale

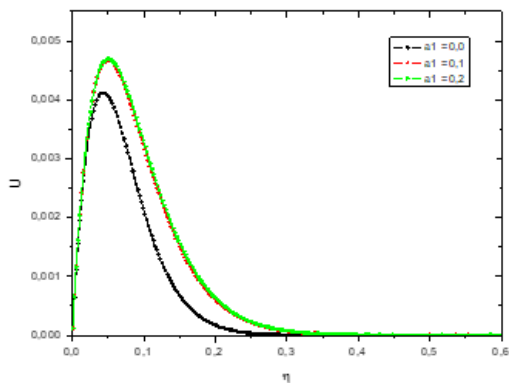


Figure 3 : Évolution de la vitesse méridienne en fonction de η et pour $R = 0.5$ et plusieurs valeurs de a_1

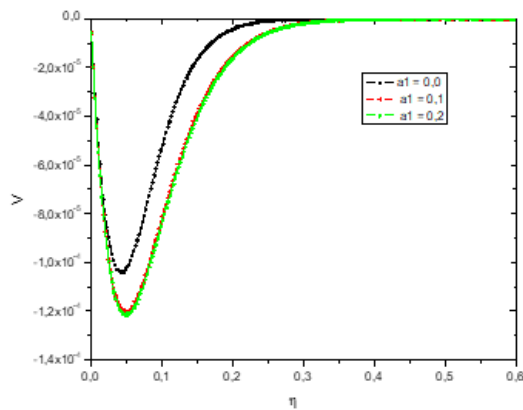


Figure 4 : Évolution de la vitesse normale en fonction de η pour $R = 0.5$ et plusieurs valeurs de a_1

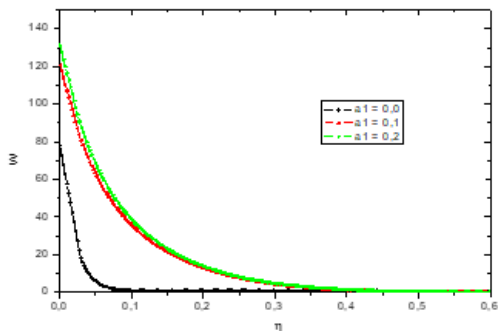


Figure 5 : Évolution de la vitesse azimutale en fonction de η pour $R = 0.5$ et plusieurs valeurs de a_1

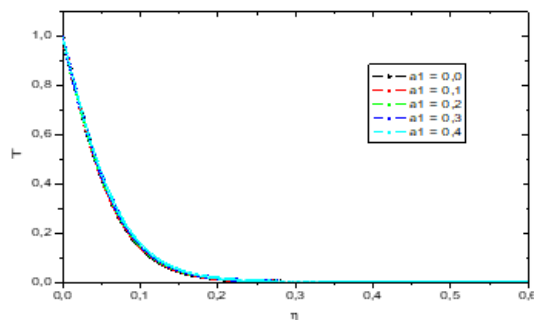


Figure 6 : Évolution de la température en fonction de η pour $R = 0.5$ et plusieurs valeurs de a_1

4. DISCUSSION

3.1 Influence de l'amplitude de la protubérance

La figure 3 montre la variation de la vitesse U en fonction de la coordonnée normale. On observe que la vitesse des particules fluides est ralentie par la diminution de l'amplitude protubérance, mais qu'elle atteint un maximum pour les valeurs les plus élevées de a_1 . En effet, les fluides adhèrent davantage à la paroi proche du mur de l'ellipsoïde quand la paroi est lisse (c'est-à-dire lorsque l'amplitude $a_1 = 0.0$). La figure ici montre également que la couche limite varie avec l'augmentation de l'amplitude protubérance. En effet, la paroi ondulée développe la couche limite le long de la paroi, ce qui signifie que la surface d'échange entre la paroi et le milieu ambiant devient plus large. La figure 4 illustre la variation de la vitesse V selon la composante normale en fonction de η . Le profil de la vitesse V décroît avec η jusqu'à un maximum, puis croît également vers zéro. On remarque que le profil de la vitesse selon la normale est l'opposé de celui selon la méridienne, malgré les différences entre les valeurs, et que les détachements des fluides se produisent au même point. L'augmentation de l'amplitude provoque le détachement des particules sur la paroi, tandis que pour une paroi lisse, ces particules sont refoulées vers celle-ci, favorisant ainsi une condition d'adhérence à la paroi.

La figure 5 montre la variation de la vitesse W selon la composante azimutale en fonction de η . Son profil décroît avec η vers zéro. Nous notons que l'épaisseur de la couche limite hydrodynamique diminue lorsque l'amplitude de la protubérance diminue. La différence entre la paroi lisse et ondulée est bien marquée selon la vitesse adimensionnelle azimutale. Pour une amplitude zéro $a_1 = 0.0$, la vitesse maximale est d'environ 80 m/s et les particules adhèrent à la paroi au voisinage de $\eta = 0.09$. Pour une paroi ondulée, la vitesse maximale est comprise entre 120 m/s et 140 m/s et ces particules adhèrent à la paroi au voisinage de $\eta = 0.35$. En présence de convection rotatoire, la vitesse azimutale est imposée pour assurer la rotation d'un ellipsoïde. En effet, la vitesse azimutale à la paroi varie en fonction de l'amplitude considérée, cette variation étant très intense au mur de l'ellipsoïde.

La figure 6 montre les courbes de la température adimensionnelle en fonction de η et plusieurs valeurs de l'amplitude protubérance a_1 . On constate que les creux sur la paroi n'ont pas d'effet significatif sur l'échange thermique entre la paroi et les particules fluides. En effet, la température des particules reste constante, quelle que soit la valeur de l'amplitude tirée. Par exemple, sur la figure 6, l'amplitude varie de $a_1 = 0.0$ à $a_1 = 0.4$, mais la température est supposée invariante. En effet, la couche limite hydrothermique ne se développe pas malgré l'évolution de l'amplitude protubérance. On note que la chauffe des particules à la paroi ne dépend pas de l'amplitude sinusoidale.

Les figures 7 et 8 montrent les variations du coefficient de frottement le long de la coordonnée méridienne et le long de la coordonnée azimutale en fonction de ξ . Le terme C_{fu} tient une fonction sinusoidale croissante en fonction de ξ et pour le terme C_{fw} porte une fonction sinusoidale décroissante en fonction de ξ . Nous avons constaté que les coefficients de frottement sont faibles lorsque la paroi est lisse. Par conséquent, la surface d'échange entre la paroi et le milieu environnemental se réduit. Ce résultat est confirmé par les figures 10 et 12 qui montrent l'évolution de la vitesse adimensionnelle méridienne et azimutale en fonction de η . Tandis que pour une paroi ondulée ($a_1 > 0$), les coefficients de frottement se développent le long de la paroi.

Le nombre de Nusselt suit une fonction sinusoidale croissante de ξ . Le nombre de Nusselt ne varie pas avec l'amplitude protubérance, mais la période sinusoidale et l'amplitude évoluent avec laquelle. C'est la raison pour laquelle le profil de la paroi lisse est une fonction non sinusoidale. En effet, l'échange thermique le long de la paroi est toujours stable, puisque le nombre de Nusselt est indépendant de l'amplitude. Cela est prouvé par la figure 9 qui montre la variation du nombre de Nusselt en fonction de ξ pour plusieurs valeurs de l'amplitude sinusoidale a_1 .

3.2 Influence du facteur de forme

La figure 10 montre la variation de la vitesse adimensionnelle U en fonction de η et pour différentes valeurs de R . Elle augmente jusqu'à un maximum au voisinage de $\eta = 0.01$, puis diminue rapidement vers zéro, ce qui correspond à la condition d'adhérence. On constate que la vitesse d'écoulement est avantagée tout près du bord d'attaque pour l'ellipsoïde aplati, mais elle devient très faible lorsqu'elle s'éloigne du bord d'attaque. En effet, il y a des changements entre les profils au cours des diminutions, c'est-à-dire que les particules fluides fortes vitesses sont portées par l'ellipsoïde allongé après des changements et avant ils sont tenus par l'aplatissement. L'aplatissement favorise l'épaisseur de la couche limite, malgré l'allongement de l'ellipsoïde qui élargit sa longueur. La surface d'échange entre la paroi et le milieu ambiant s'agrandit tant que le facteur de forme R diminue. La figure 11 illustre l'évolution de la vitesse V selon la composante normale en fonction de η . Elle décroît négativement jusqu'à un minimum, puis croît vers zéro. On remarque que le détachement de la couche limite à la paroi selon la normale est dirigé par l'allongement. Les particules fluides se détachent plus facilement pour l'ellipsoïde aplati. Les fluides adhèrent à la paroi au voisinage de $\eta = 0.015$ à $\eta = 0.04$, ce qui signifie que le détachement de la couche limite est bien marqué au proche du bord d'attaque. L'augmentation de R perturbe la vitesse d'écoulement selon la méridienne avant de passer un point d'inflexion et après elle est avantagée par cette augmentation.

La figure 12 montre la variation de la température adimensionnelle T en fonction de η et pour différentes valeurs du facteur de forme R . Nous constatons que l'allongement diminue les échanges thermiques entre la paroi et le milieu ambiant, ce qui provoque l'apparition d'une couche limite fine au mur de l'ellipsoïde. À l'inverse, l'aplatissement favorise les couches limites thermiques le long de la paroi de l'ellipsoïde. L'augmentation de R ralentit le transfert thermique entre la paroi et le milieu ambiant. Nous remarquons que la masse du fluide refroidit lorsque le facteur de forme R augmente : l'ellipsoïde rejoint le critère qui définit d'allongé. Ainsi, la rotation de ce corps chauffe les particules fluides le long de la paroi, ce qui provoque la disparition du fluide visqueux.

D'après les résultats de la simulation numérique, le coefficient de frottement selon l'azimutal suit une fonction sinusoidale décroissante et varie avec le facteur de forme R , tandis que le coefficient selon le méridien suit une fonction sinusoidale croissante. Les coefficients de frottements sont augmentés par l'allongement, c'est-à-dire lorsque le facteur de forme est strictement supérieur à un ($R > 1$). Selon le méridien, il est très considérable à partir de l'abscisse au voisinage de $\xi = 0.5$ et pour l'azimutale, il se trouve au mur de l'ellipsoïde. Ces résultats sont présentés par les figures 13 et 14 qui prouvent que la couche limite est provoquée par la viscosité du fluide. Ce résultat est confirmé par la figure 10 qui montre la variation de la vitesse adimensionnelle méridienne.

La figure 15 montre la variation du nombre de Nusselt en fonction de ξ et pour différentes valeurs de R . Son profil a la forme d'une fonction sinusoidale décroissante. Il existe un point optimal près de $\xi = 0.4$ qui est indépendant de R . On constate que l'aplatissement augmente le terme de Nu avant ce point et à près se réduit, mais il augmente pour l'ellipsoïde allongé. De même, la diminution de R accélère l'échange thermique entre la paroi et le milieu ambiant, ce qui fait que les particules adhèrent plus loin du bord d'attaque. Par ailleurs, l'échange selon l'azimutal est plus perturbé surtout pour $R = 0.5$ que selon les autres directions.

5. CONCLUSION

Cet article a pour objectif d'étudier la convection rotatoire autour d'une ellipsoïde verticale à paroi non uniforme immergée dans un écoulement de gaz hydrogène avec des propriétés physiques variables. Les résultats de la simulation numérique montrent que les vitesses de la couche limite selon les directions méridienne, azimutale et normale, ainsi que la température, dépendent de l'amplitude protubérance et du paramètre du facteur de forme R . Les coefficients de frottements et le nombre de Nusselt sont également influencés par ce paramètre, et le nombre de Nusselt n'a pas d'effets importants avec l'amplitude sinusoidale. La diminution de a_1 et l'allongement de l'ellipsoïde ralentissent l'écoulement des particules fluides le long de la paroi, la rotation de laquelle réchauffe la masse des particules fluides. L'influence de l'amplitude est plus marquée selon la vitesse azimutale, puis elle est faible pour la température adimensionnelle. Les coefficients de frottement augmentent avec l'allongement et l'amplitude sinusoidale.

Nomenclatures

Lettres latines

A : amplitude du profil sinusoidale, m

a_1 : amplitude adimensionnelle du profil sinusoidale

a : demi-axe horizontal, m

b : demi-axe vertical, m

Cf_u : coefficient de frottement suivant x

Cf_w : coefficient de frottement suivant, θ

Cp : capacité calorifique, $J.Kg^{-1}K^{-1}$

g : accélération pesanteur, $m.s^{-2}$

$F(x)$: profil de la paroi sinusoidale d'ellipsoïde

L : longueur de référence, m

N_u : nombre de Nusselt

P : pression, Pa

Pr : nombre de Prandtl

R : rapport de forme ($R=a/b$)

Re_w : nombre de Reynolds relatif à la rotation ($Re_w = \omega L^2 / \nu$)

$S(x)$: configuration sur la direction x

T : température du fluide, K

T_∞ : température du fluide infini, K

T_p : température du fluide à la paroi, K

U : composante méridienne de la vitesse, $m.s^{-2}$

V : composante normale de la vitesse, $m.s^{-2}$

Lettres grecques

φ : coordonnée azimutale du système, *rad*

β_t : coefficient de dilatation volumique du fluide, K^{-1}

λ : viscosité dynamique du fluide, $Kg.m^{-1}.s^{-1}$

μ : conductivité thermique du fluide, $W.m^{-1}.K^{-1}$

ν : viscosité cinématique du fluide, $m^2.s^{-2}$

ω : vitesse angulaire, $rad.s^{-1}$

θ : angle azimutal, *rad*

ξ, η : coordonnées homotopiques adimensionnelles

τ_p : contrainte de frottement suivant θ , $Kg.m^{-1}.s^{-2}$

τ_{px} : contrainte de frottement suivant θ , $Kg.m^{-1}.s^{-2}$

ρ_1 : rayon du vecteur suivant méridien

λ_0 : longueur d'onde du profil sinusoïdal, *m*

Exposant

± : grandeurs adimensionnelles

6. REFERENCES

- 1 M. RAKOTOMALALA. et al, «Convection mixte autour de corps à symétrie de révolution,» *Rev. Gén. Therm. Fr.*, pp. 390-391, 1994.
- 2 Cherif. A. et al, «Contrôle hydrodynamique des couches limites thermiques en convection mixte autour d'ellipsoïdes aplatis axisymétriques,» *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 1997.
- 3 Mayoudf SI ABDALLAH. et al, «Étude de la convection naturelle thermique et massique laminaire et permanent dans la couche limite autour d'un tronç cône paroi sinusoïdale,» *12^{ème} Journée Internationales de Thermique*, vol. 31, pp. 793-801, 2005.
- 4 Miroslav KOTOUC. et al, « Transition à la tridimensionalité de l'écoulement autour d'une sphère fixe,» *18^{ème} Congrès Français de Mécanique*, vol. 3, pp. 27-31, août 2007.
- 5 Modeste RAMARAZARA . et al, « Mixed convection of an axisymmetric flow of air with variable physical properties,» *In The Canadian Journal of Chemical Engineering*, vol. 40, pp. 37-44, 2007.
- 6 Ulrich CANISSIUS., «Contribution à l'étude des transferts thermiques convectifs tridimensionnels autour d'un cône de révolution,» *International Journal of Advanced Research in Physical Science (IJARPS)*, vol. 3, pp. 48-60, 2016.
- 7 F Germain BEZANDRY., «. Etude numérique de la convection rotatoire pure autour d'un cône de révolution,» *Rev.Ivoir. Sci. Technol.*, vol. 29, pp. 1- 5, 2017.
- 8 Martini ZAFINDRABIRA. et al., « Transfert thermique par convection naturelle laminaire dans la couche limite autour d'un ellipsoïde a paroi sinusoïdale,» *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*, vol. 17, pp. 200-208, 2023.



How to cite this article: Martini ZAFINDRABIRA, François d'Assise RAKOTOMANGA, Modeste RAMARAZARA, et Edouard ALIDINA. ÉTUDE NUMÉRIQUE DE LA CONVECTION ROTATOIRE AUTOUR D'UN ELLIPSOÏDE À PAROI SINUSOÏDALE. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023;17(6):85-95. DOI : 10.5281/zenodo.10429573

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Impacts de l'inoculation croisée des Rhizobia sur la productivité du soja dans la région soudano-guinéenne du Tchad et du Cameroun : Une analyse expérimentale

Impacts of Rhizobia cross-inoculation on soybean productivity in the Sudano-Guinean region of Chad and Cameroon: An experimental analysis



| GOMOUNG Doloum ^{1*} | KEMSOL NAGORNGAR Angéline ² | MAOUNDOMBAYE Théophile ³ | TCHAMOGOYE K. B. ^{1,4} | NGAKOU Albert ⁴ | et | MBAILAO Mbaiguinam ⁵ |

¹. Faculté des Sciences et Techniques | Université de Sarh, BP: 105 Sarh | Tchad |

². Centre National de Recherche pour le Développement | BP: 1228 N'Djamena | Tchad |

³. Faculté des Sciences Exactes et Appliquées | Université de Moundou, BP: 206 Moundou | Tchad |

⁴. Faculté des Sciences Université de Ngaoundéré | BP: 444, Ngaoundéré | Cameroun |

⁵. Faculté des Sciences Exactes et Appliquées | Université de N'Djamena | Tchad |

| DOI: 10.5281/zenodo.10409442 | Received November 19, 2023 | Accepted November 22, 2023 | Published December 24, 2023 | ID Article | Doloum-Ref1-6-17ajiras191223 |

RESUME

Introduction, Dans le contexte de l'amélioration du rendement agricole et de la promotion d'une agriculture saine et durable en Afrique subsaharienne, en particulier dans la zone soudano-guinéenne du Cameroun et du Tchad, une étude a été entreprise pour évaluer l'efficacité de l'inoculation croisée du soja (*Glycine max L.*) variété TGX1951-3F avec différentes souches de rhizobia. **Objectif**: L'objectif principal de cette étude est d'améliorer le rendement du soja en utilisant des biofertilisants rhizobiens dans la zone soudano-guinéenne du Cameroun et du Tchad. Plus spécifiquement, l'étude vise à évaluer l'impact de l'inoculation croisée des biofertilisants rhizobiens sur la croissance et le rendement du soja. **Méthodes**: Les rhizobia ont été capturés dans les nodules de quatre légumineuses lors des travaux en pots, et l'expérimentation en champ a été réalisée selon un dispositif en bloc complet randomisé avec six traitements distincts (témoin, RA, RN, RS, RV et MR), chaque traitement étant répété trois fois sur les sites de Ngaoundéré et Sarh. **Résultats**: Les résultats obtenus montrent que les biofertilisants rhizobiens ont significativement amélioré la biomasse sèche de la plante et les rendements à l'hectare. À Ngaoundéré, une augmentation de 9,92% à 55,81% a été observée, tandis qu'à Sarh, une augmentation de 11,57% à 49,53% a été enregistrée par rapport au groupe témoin. **Conclusion**: En conclusion, l'inoculation croisée des biofertilisants rhizobiens a démontré son efficacité dans l'amélioration du rendement du soja dans la zone soudano-guinéenne du Cameroun et du Tchad. Ces résultats suggèrent que cette approche peut jouer un rôle crucial dans la promotion d'une agriculture plus productive et durable dans la région, offrant ainsi des perspectives encourageantes pour le développement agricole.

Mots-clés : *Rhizobia, inoculation croisée, rendement, soja, soudano-guinéenne.*

ABSTRACT

Introduction: In the context of improving agricultural yield and promoting sustainable agriculture in sub-Saharan Africa, particularly in the Sudan-Guinea zone of Cameroon and Chad, a study was conducted to assess the effectiveness of cross-inoculation of soybean (*Glycine max L.*) variety TGX1951-3F with different strains of rhizobia. **Objective**: The primary objective of this study is to enhance soybean yield by utilizing rhizobial biofertilizers in the Sudan-Guinea zone of Cameroon and Chad. Specifically, the study aims to evaluate the impact of cross-inoculation with rhizobial biofertilizers on the growth and yield of soybeans. **Methods**: Rhizobia were trapped in the nodules of four legumes during pot experiments, and field experimentation was carried out using a randomized complete block design with six distinct treatments (control, RA, RN, RS, RV, and MR), each repeated three times at the Ngaoundéré and Sarh sites. **Results**: The results indicate that rhizobial biofertilizers significantly improved the dry biomass of the plant and yields per hectare. In Ngaoundéré, an increase ranging from 9.92% to 55.81% was observed, while in Sarh, an increase from 11.57% to 49.53% was recorded compared to the control group. **Conclusion**: In conclusion, cross-inoculation with rhizobial biofertilizers has demonstrated its effectiveness in enhancing soybean yield in the Sudan-Guinea zone of Cameroon and Chad. These findings suggest that this approach could play a crucial role in promoting more productive and sustainable agriculture in the region, providing promising prospects for agricultural development.

Keywords: *Rhizobia, cross-inoculation, yield, soybean, Sudan-Guinea.*

1. INTRODUCTION

L'Afrique subsaharienne émerge en tant que sous-région du continent confrontée à d'importants défis en matière de sécurité alimentaire, attribuables principalement à une alimentation axée sur les céréales. La qualité de la productivité agricole est intrinsèquement liée à la teneur en éléments minéraux du sol, un facteur clé [1]. Les fluctuations climatiques induisent une diminution de la production végétale [2], tandis que la dégradation du sol et la baisse de fertilité résultent en grande partie de pratiques culturales inadaptées [3,4]. De surcroît, l'agriculture commerciale de rente, largement pratiquée dans ces pays, offre des rendements marginaux face à la croissance démographique [5], créant un déséquilibre entre la disponibilité des produits agricoles et les besoins alimentaires, tout en exerçant des pressions sur l'environnement.

L'alimentation repose principalement sur les céréales et les produits forestiers non ligneux tels que les fruits, les racines sauvages et les tubercules, complétés par les légumineuses. La faible consommation d'aliments riches en micronutriments tels que les produits animaux, les fruits et les légumes, combinée à une demande croissante en protéines, crée des disparités alimentaires et contribue à la sous-alimentation de plus d'un tiers de la population [6]. Dans le but d'accroître la productivité agricole, de nombreux pays tropicaux ont préconisé l'utilisation d'engrais chimiques potentiellement préjudiciables à l'environnement [7]. Les déficiences alimentaires mondiales, en particulier dans les pays en développement, associées à un approvisionnement insatisfaisant en protéines, suscitent la recherche de nouvelles sources protéiques [8]. Pour remédier à l'insécurité alimentaire en Afrique, à l'infertilité des sols et promouvoir une agriculture biologique durable, diverses techniques culturales ont été recommandées et mises en œuvre, notamment les jachères améliorées, la rotation des cultures, les cultures associées [9,10], l'agroforesterie, ainsi que l'utilisation de fertilisants organiques [11,12] et de biofertilisants microbiens tels que les rhizobia et les mycorhizes [13].

Dans ce contexte, peu d'études ont été menées sur la symbiose *Rhizobium*-Légumineuses, en particulier sur l'inoculation croisée, dans la zone soudano-guinéenne Cameroun-Tchad. C'est dans cette optique que se situe notre problématique. L'objectif de cette recherche est d'améliorer le rendement du soja par l'utilisation de biofertilisants rhizobiens dans la zone soudano-guinéenne Cameroun-Tchad. Plus précisément, il vise à évaluer l'impact de l'inoculation croisée des biofertilisants rhizobiens sur la croissance et le rendement en champ du soja.

2. MATERIEL ET METHODOLOGIE

2.1. Site d'étude

Le site expérimental est situé entre le 09°04' de latitude Nord et 18°25' de longitude Est à Sarh et 07°24' de latitude Nord et 13°14' de longitude Est à Ngaoundéré. Le climat est de type soudano-guinéenne avec les précipitations moyennes annuelles de 1000 à 1200 mm à Sarh et de 1000 à 1344 mm à Ngaoundéré.

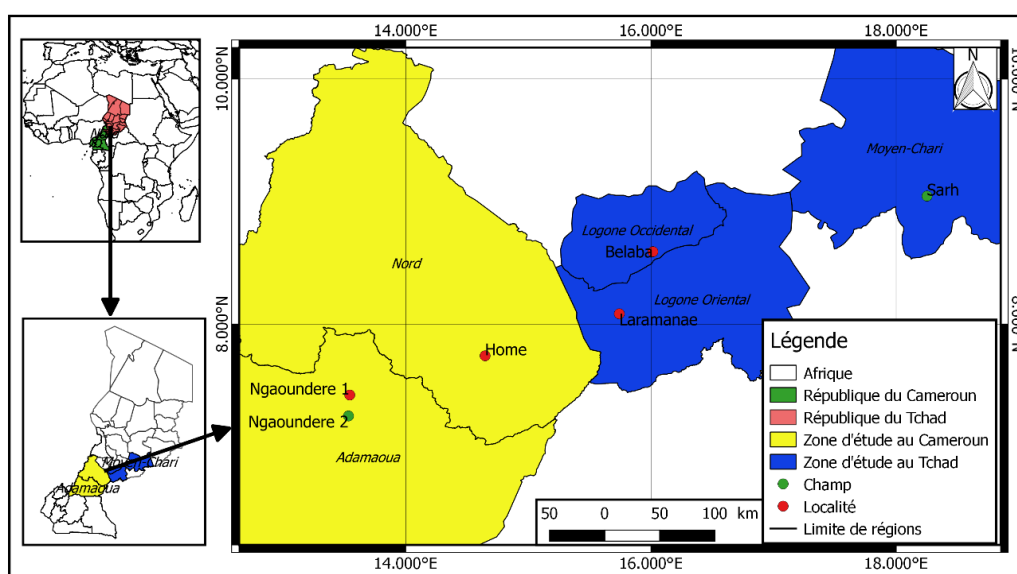


Figure 1 : Carte de localisation de la zone d'étude.

2.2. Matériel biologique

Le matériel biologique est le soja (*Glycine max* L.) de variété TGX 1951-3F qui a un cycle biologique de 90 à 100 jours, fourni par le centre de production des semences de l'ITRAD de Bébédja au Tchad.

2.3. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adapté au travail est en blocs complets randomisés contenant 6 parcelles disposées de manière aléatoire avec les différents traitements : Témoin (T), *Rhizobium* d'arachide (RA), *Rhizobium* du niébé (RN), *Rhizobium* du soja (RS), *Rhizobium* du voandzou (RV), et le mélange de ces quatre rhizobia (MR). Chaque parcelle (3 m * 2 m = 6m²) correspond à un traitement et est répétée 3 fois, soit 18 parcelles pour l'ensemble du champ. Dans un bloc, les parcelles sont séparées entre elles par des allées de 0,50 m et les blocs séparés entre eux par une distance de 1 m (1).

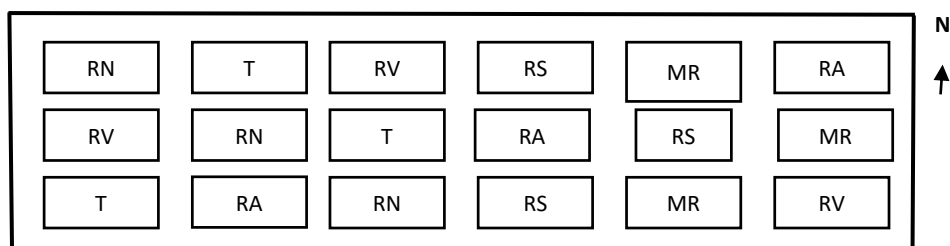


Figure 2 : Dispositif du champ expérimental. (**RA** : *Rhizobium de l'arachide*, **RN** : *Rhizobium du niébé*; **RS** : *Rhizobium du soja*; **RV** : *Rhizobium du voandzou*; **MR** : mélange de quatre *Rhizobium*; **T** : témoin négatif).

2.4. Inoculation de la semence, semis et le sarclage

Les différents traitements sont appliqués aux graines au moment de semis. Chaque traitement correspond à une unité expérimentale. La solution de l'inoculum rhizobien est préparée dans un récipient contenant 100 ml de l'inoculum liquide par ajout de 25 g de lait Nido. Le lait Nido sert d'adhésif à l'inoculum aux graines. Le contenu du récipient a été mélangé à la main afin de mieux homogénéiser la solution. Chaque solution d'inoculum liquide est spécifique à un traitement. Les graines sont déposées dans les différentes solutions et mélangées afin d'enrober leur tégument à l'inoculum. Les semis se sont effectués le 25 et le 29 juillet respectivement à Sarh et Ngaoundéré. L'intervalle entre deux poquets est de 0,20 m et l'interligne de 0,30 m. Le semis est manuel. Chaque poquet contient 2 graines soit 126 graines par parcelle. Les sarclages ont été effectués au 11^{ème}, 25^{ème} et 45^{ème} JAS.

2.5. Evaluation des paramètres de croissance et de rendement

2.5.1. Evaluation des paramètres de croissance

La taille et la biomasse sèche de la plante sont évaluées sur trente plantes par traitement prélevées à 60 JAS. Ces plantes sont séchées à l'étuve à 105°C pendant à 24h puis, pesées à l'aide d'une balance de marque Gilbertini de sensibilité 0,001 g.

2.5.2. Evaluation des paramètres de rendement

Les paramètres de rendement pris en considération comprennent le nombre et le poids sec des gousses ainsi que des graines par plante, suivis du rendement à l'hectare. La méthodologie employée pour l'évaluation de ces paramètres est conforme à celle décrite par Gomoung et al., (2017) [1].

2.6. Analyse des données

Le logiciel StatGraphics 5.0 a été utilisé pour effectuer l'analyse de variance (ANOVA). Les moyennes des différents traitements ont été comparées à l'aide du test de comparaisons multiples de Duncan, avec un seuil de signification fixé à 5%. Par ailleurs, le logiciel XLSTAT 2007 a été employé pour réaliser les tests de corrélations de Pearson entre les paramètres de croissance et de rendement.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Evaluation de la taille du soja à Ngaoundéré et à Sarh

Le Tableau 1 révèle que la plante présentant la plus grande taille est celle ayant été traitée avec l'inoculum RA à Ngaoundéré. En comparaison, la taille des plantes inoculées au MR est presque la moitié de celle traitée au RA. Le retard de croissance observé chez les plantes traitées au RS, RV et MR peut être attribué à une maladie survenue entre le 36^{ème} et le 44^{ème} jour après semis (JAS), provoquant le flétrissement des feuilles et affectant quelques plants de soja à Ngaoundéré. Il est important de noter que l'inoculum rhizobien n'a pas conféré de protection contre ces maladies, corroborant les observations antérieures [14-3]. Ces résultats concordent avec les résultats de CIRAD-GRET (2002) rapportant des conclusions similaires [15].

Au 60^{ème} JAS, la hauteur des plantes dans l'ensemble des parcelles à Sarh a doublé. Les plantes traitées au RS présentent une hauteur significativement supérieure (61,4 cm) par rapport aux autres traitements. Cette constatation est en accord avec les résultats obtenus par Oad et al., (2002) [16], qui ont rapporté une hauteur variant entre 42 et 64 cm pour le soja inoculé à des doses variables de *Rhizobium japonicum* au Bangladesh et au Pakistan. L'inoculum utilisé dans notre étude a amélioré la hauteur de 15,41 % par rapport au témoin à Sarh. Ces résultats suggèrent que la hauteur du soja ne dépend pas seulement de l'inoculum mais aussi d'autres facteurs écologiques.

Tableau 1 : Taille de la plante (cm) à 60 JAS à Ngaoundéré et à Sarh.

Ville	Traitements						P.
	Témoin	RA	RN	RS	RV	MR	
Ngaoundéré	43,2±7,43 ^{bc}	62,8±5,05 ^e	56,2±7,95 ^d	47,9±4,67 ^c	40,5±8,60 ^{ab}	34,7±8,64 ^a	<0,0001
Sarh	53,2±9,30 ^{ab}	53,1±7,99 ^{ab}	56,9±5,98 ^{bc}	61,4±7,29 ^c	51,4±7,60 ^{ab}	47,4±10,93 ^a	0,01

RA= *Rhizobium* d'arachide, RN = *Rhizobium* du niébé, RS = *Rhizobium* du soja, RV = *Rhizobium* du voandzou, MR = mélange de *Rhizobium*, P = valeur de probabilité.

3.2. Evaluation de la biomasse sèche du soja à Ngaoundéré et à Sarh

Le traitement RA a manifestement engendré une augmentation significative de la biomasse sèche des plantes à Ngaoundéré, comme démontré dans le Tableau 2. La biomasse sèche des plantes inoculées au RA est approximativement deux fois supérieure à celle du groupe témoin sur ce site. La corrélation étroite et statistiquement significative ($r = 0,78$, $p < 0,0001$) entre la taille des plantes et leur biomasse sèche aérienne à Ngaoundéré souligne une relation positive évidente. Il est important de noter que la biomasse sèche aérienne est fortement influencée par la taille des plantes.

À Sarh, au 60^e jour après semis (JAS), la biomasse sèche aérienne est notablement élevée chez les plantes traitées aux RN et RS, comme indiqué dans le Tableau 2. Elle atteint 20,58 g dans la parcelle traitée au RN et 20,10 g dans celle traitée au RS. Ces résultats concordent avec les conclusions de Afzal et al., (2010) [17], qui ont rapporté une augmentation du poids frais et sec des plantes de soja inoculées avec une souche de Bradyrhizobium en raison de la production d'auxines par les symbiotes. La biomasse sèche par plante observée dans notre étude dépasse celle rapportée par Mandimba et al., (1994) [18], qui se situe entre 4 et 5,5 g par plante inoculée et 3,45 g chez le témoin.

Tableau 2 : Biomasse sèche de la plante (g) à 60 JAS à Ngaoundéré et à Sarh.

Ville	Traitements						P.
	Témoin	RA	RN	RS	RV	MR	
Ngaoundéré	7,10±1,51 ^{bc}	18,61±2,94 ^e	13,40±2,98 ^d	8,80±1,70 ^c	6,69±1,96 ^b	3,85±1,18 ^a	<0,0001
Sarh	17,43±1,67 ^a	16,46±3,32 ^a	20,58±4,67 ^b	20,10±1,72 ^b	16,99±2,63 ^a	15,18±2,26 ^a	0,0005

RA= *Rhizobium* d'arachide, RN = *Rhizobium* du niébé, RS = *Rhizobium* du soja, RV = *Rhizobium* du voandzou, MR = mélange de *Rhizobium*, P = valeur de probabilité.

Les valeurs d'une ligne affectées de la même lettre ne sont pas significativement différents entre les traitements au seuil de probabilité indiqué.

3.3. Effet de l'inoculation sur le nombre de gousses par plante

Les traitements RS et RN ont induit une augmentation significative ($p < 0,0001$) du nombre de gousses par plante de soja, avec des augmentations respectives de 68,49% et 41,24% par rapport aux plantes non traitées à Ngaoundéré, comme présenté dans le Tableau 3. La réduction de cette valeur chez les plantes traitées aux RV et MR est attribuée à une maladie, probablement responsable du rabougrissement des plantes ou de la pourriture au collet, entravant ainsi leur croissance. Cette maladie est suggérée comme l'un des facteurs contribuant au flétrissement des plantes. Une étude antérieure [19] a souligné que le déficit hydrique exerce une influence négative sur le métabolisme carboné et azoté des plantes.

À Sarh, le nombre de gousses par plante est de 338 chez les plantes inoculées au RV. Comme indiqué dans le Tableau 3, l'inoculation a entraîné une augmentation significative du nombre de gousses par plante, variant de 17,35% à 37,73% par rapport au témoin. Les plantes non inoculées présentent le nombre le plus faible de gousses (245,4). Une étude recherche antérieure récente [20] a démontré une amélioration considérable du nombre de gousses par plante (365) avec l'inoculation de rhizobia sur le soja. En comparaison, Calmès et al., (1985) [19] ont rapporté un nombre de gousses par plante de 31 chez les plantes non inoculées, soulignant la variabilité de ce paramètre en fonction des variétés de soja et des conditions écologiques.

Tableau 3: Nombre des gousses par plante à Ngaoundéré et à Sarh.

Ville	Traitements						P.
	Témoin	RA	RN	RS	RV	MR	
Ngaoundéré	180,26±52,97 ^b	195,2±47,36 ^b	254,6±39,67 ^c	303,73±68,41 ^d	87,86±22,26 ^a	89,8±28,33 ^a	<0,0001
Sarh	254,4±41,46 ^a	288,46±49,29 ^{ab}	305,2±49,88 ^{bc}	319,86±63,45 ^{bc}	338,0±39,80 ^c	320,73±56,39 ^{bc}	0,0004

RA= *Rhizobium* d'arachide, RN = *Rhizobium* du niébé, RS = *Rhizobium* du soja, RV = *Rhizobium* du voandzou, MR = mélange de *Rhizobium*, P = valeur de probabilité.

Pour une espèce de légumineuse donnée dans une région, les valeurs d'une ligne affectées de la même lettre ne sont pas significativement différents entre les traitements au seuil de probabilité indiqué.

3.4. Effet de l'inoculum sur le poids sec des gousses par plante

Les gousses provenant du traitement RS présentent un poids sec supérieur à celles du groupe témoin à Ngaoundéré, tandis qu'à Sarh, le poids sec des gousses par plante de soja atteint son apogée (91,44 g) chez la plante inoculée au RV, comme illustré dans le Tableau 4. La faible masse sèche des gousses observée dans les traitements RV et MR peut être attribuée au nombre limité de gousses par plante. Une corrélation positive hautement significative ($r = 0,82$, $p < 0,0001$) existe entre le nombre de gousses et le poids sec des gousses par plante de soja à Ngaoundéré. L'augmentation du poids sec des gousses est proportionnelle à leur nombre.

L'utilisation de l'inoculum a contribué à l'amélioration du poids sec des gousses par plante, que ce soit avec les traitements RA, RN, RV ou MR à Sarh. Une différence significative ($p < 0,0001$) est observée entre le poids des gousses de la plante traitée au RA et celui du témoin. Ces résultats soulignent l'efficacité de l'inoculation dans l'amélioration du poids sec des gousses, renforçant ainsi la validité des traitements étudiés.

Tableau 4: Influence des traitements sur le poids des gousses (g) par plante à Ngaoundéré et à Sarh.

Ville	Traitements						P. value
	Témoin	RA	RN	RS	RV	MR	
Ngaoundéré	39,75±6,94 ^b	41,59±3,27 ^b	45,82±3,71 ^c	53,83±7,56 ^d	12,08±2,53 ^a	10,51±2,68 ^a	<0,0001
Sarh	53,41±9,09 ^a	77,94±10,53 ^c	60,00±13,34 ^{ab}	54,82±8,34 ^a	91,44±17,16 ^d	64,50±10,98 ^b	<0,0001

RA= *Rhizobium* d'arachide, RN = *Rhizobium* du niébé, RS = *Rhizobium* du soja, RV = *Rhizobium* du voandzou, MR = mélange de *Rhizobium*, P = valeur de probabilité.

Pour une espèce de légumineuse donnée dans une région, les valeurs d'une ligne affectées de la même lettre ne sont pas significativement différents entre les traitements au seuil de probabilité indiqué.

3.5. Effet de l'inoculation croisée sur le poids sec des graines par plante

Le poids sec des graines de soja inoculées au RS présente une significativité accrue ($p = 0,0001$) par rapport au témoin à Ngaoundéré, comme indiqué dans le Tableau 5. De plus, le poids sec des graines des plantes inoculées au RN surpasse celui observé dans les traitements RA, RV et MR. Cette observation suggère que l'inoculation du soja au RN a contribué à l'amélioration du rendement en graines. Une corrélation positive et hautement significative ($r = 0,76$, $p < 0,0001$) est établie entre le nombre de gousses et le poids sec des graines par plante de soja à Ngaoundéré. L'augmentation du nombre de gousses conduit à une augmentation du poids sec des graines.

L'inoculum a particulièrement amélioré le poids des graines de 77,10% chez la plante inoculée au RV par rapport au témoin à Sarh, comme illustré dans le Tableau 5. Une étude récente [20] a également signalé que l'inoculation augmente le rendement et le poids sec du soja. Une corrélation positive et significative ($r = 0,45$, $p < 0,0001$) entre le nombre de gousses et le poids sec des graines par plante est observée à Sarh. Ces résultats renforcent la perspective selon laquelle l'inoculation contribue de manière significative à l'amélioration du rendement en graines du soja dans les conditions spécifiques de l'étude.

Tableau 5 : Influence des traitements sur le poids sec des graines (g) par plante à Ngaoundéré et à Sarh.

Ville	Traitements						P. value
	Témoin	RA	RN	RS	RV	MR	
Ngaoundéré	25,41±3,89 ^b	26,26±2,80 ^b	29,75±1,40 ^c	43,35±10,00 ^d	15,20±1,27 ^a	12,57±2,38 ^a	<0,0001
Sarh	22,84±4,19 ^a	29,98±4,20 ^c	26,17±3,91 ^b	39,89±4,42 ^d	40,45±4,42 ^d	31,58±4,50 ^c	<0,0001

RA= *Rhizobium* d'arachide, RN = *Rhizobium* du niébé, RS = *Rhizobium* du soja, RV = *Rhizobium* du voandzou, MR = mélange de *Rhizobium*, P = valeur de probabilité.

3.6. Effet de l'inoculation croisée sur le poids sec de 100 graines par traitement

L'inoculation des graines de soja avec les inoculums rhizobiens RA, RN et RS en champ à Ngaoundéré a significativement amélioré le poids des 100 graines, avec des augmentations respectives de 24,74%, 53,49% et 60,05% par rapport au témoin (Figure 3). Cette amélioration du poids sec des graines pourrait être attribuée à la fixation de l'azote atmosphérique par l'inoculum. Ces valeurs demeurent inférieures à celles rapportées par Giller et Dashiell (2007) [21], qui ont obtenu un poids de 1000 graines variant de 100 à 250 g, soit 10 à 25 g pour 100 graines.

À Sarh, le poids sec des 100 graines de soja des plantes traitées au RS et RV est supérieur à celui des autres traitements (Figure 3). Cette observation suggère que les graines de ces traitements se sont bien développées et ont accumulé davantage de réserves, favorisant ainsi le remplissage des gousses. Cependant, ces résultats demeurent inférieurs au poids de 100 graines obtenu par N'gbesso et al., (2010) [22], qui varie entre 12,95 et 19,31 g. Conformément aux constatations de Habineza et al., (2016) [20], l'inoculation du soja avec le *Rhizobium* améliore le rendement en graines. Par ailleurs, le mélange de *Rhizobium* n'a pas engendré d'amélioration significative du poids des 100 graines de soja dans les deux sites expérimentaux. Aucune différence significative ($p = 0,054$) n'est observée entre le poids des 100 graines de soja à Ngaoundéré et Sarh.

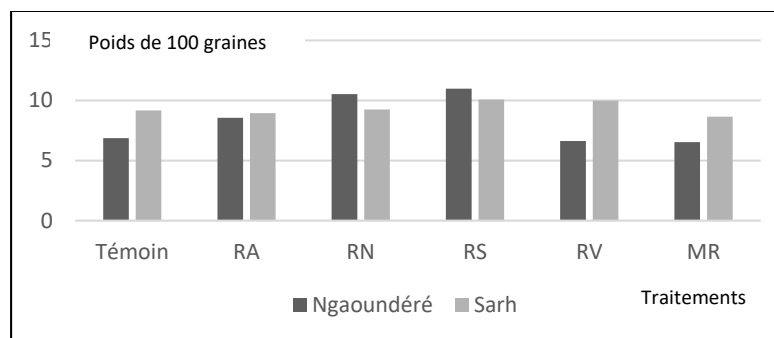


Figure 3 : poids de 100 aines à Ngaoundéré e Sarh.

3.7. Effet de l'inoculation croisée sur le rendement en graines en $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$

L'inoculation du soja avec les inoculums RA, RN et RS a entraîné une amélioration significative du rendement en graines par hectare à Ngaoundéré. Cette amélioration varie de 9,92% à 55,81% pour les traitements RA, RN et RS par rapport au rendement en graines des plantes non inoculées (Figure 4). Ces résultats indiquent que les inocula utilisés pour le traitement du soja ont contribué de manière significative à la fertilisation des sols, expliquant ces augmentations. Une différence significative ($p < 0,0001$) est observée entre le rendement en graines des plantes traitées avec RS et les autres traitements.

À Sarh, l'utilisation de l'inoculum a ajusté le rendement en graines par hectare dans l'ensemble des parcelles, à l'exception de l'inoculum RN (Figure 4). L'amélioration varie de 11,57% à 49,53% par rapport au témoin. Le rendement le plus élevé est observé dans le traitement RS, atteignant 2714,61 kg/ha, soit 2,71 t/ha à Sarh. Ce résultat est cohérent avec les travaux de N'gbesso et al. (2010) [22], qui ont obtenu des résultats compris entre 2530,8 et 4234,9 kg/ha pour le soja inoculé. Une autre étude [23] a démontré que l'inoculation du soja avec le Bradyrhizobium augmente la nodulation, le poids sec de la plante et le rendement en graines du soja. Ces résultats surpassent ceux de Mandimba et al. (1994) [18], qui ont obtenu un rendement en graines de soja inoculé de 0,66 t/ha. Les variations du niveau d'attaque des insectes sont suggérées comme étant la cause des différences significatives entre les rendements, comme l'ont signalé [24]. Plusieurs études ont également souligné que des paramètres physicochimiques du sol ou le manque d'affinité entre la plante et la bactérie peuvent influencer la nodulation, contribuant ainsi au faible rendement dans certains traitements [25, 26, 27]. En accord avec ces constatations, Mandimba et al. (1991) [23] ont démontré que l'inoculation du soja avec le Bradyrhizobium augmente le rendement en graines du soja.

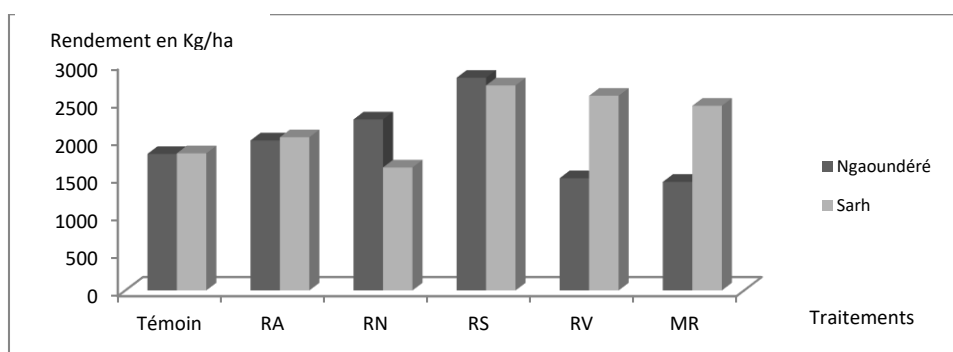


Figure 4 : Rendement en graines à l'hectare.

4. CONCLUSION

Cette étude démontre de manière concluante une nette amélioration de la hauteur et de la biomasse sèche du soja inoculé avec les inocula rhizobiens dans les deux sites d'expérimentation. Ces résultats suggèrent que la hauteur du soja est influencée non seulement par l'inoculum mais également par d'autres facteurs écologiques. Il est également important de noter que la biomasse sèche aérienne est directement liée à la taille de la plante.

L'impact de l'inoculum sur le nombre de gousses par plante est significatif, avec une augmentation allant de 17,35% à 37,73% chez les plantes inoculées par rapport au témoin à Sarh. À Ngaoundéré, le nombre de gousses par plante chez les plantes traitées au RS est deux fois supérieur à celui du témoin. Ces variations soulignent que le nombre de gousses par plante peut varier en fonction des variétés de soja et des conditions écologiques du milieu.

L'inoculum a également démontré une amélioration substantielle du rendement, avec des augmentations de 9,92% à 55,81% à Ngaoundéré et de 11,57% à 49,53% à Sarh par rapport au témoin. Ainsi, pour une optimisation accrue du rendement en graines, il serait judicieux d'inoculer le soja avec les Rhizobia issus des racines de cette plante. Ces

observations soulignent une possible spécificité symbiotique entre le soja et certains Rhizobia, renforçant l'importance de sélectionner soigneusement les inocula pour améliorer la productivité agricole du soja.

5. REFERENCES

- 1 Gomoung D., Mbailao M., Toukam T. S., Ngakou A. Influence of Cross-Inoculation on Groundnut and Bambara Groundnut-*Rhizobium* Symbiosis: Contribution to Plant Growth and Yield in the Field at Sarh (Chad) and Ngaoundere (Cameroon). *American Journal of Plant Sciences*. 2017;8(8):2017, 1953-1966.
- 2 Mapongmetsem P.M. Evaluation et aménagement des jardins de case agroforestiers dans l'Adamaoua. Grand Programme de Recherche de l'Université de Ngaoundéré, Cameroun. Rapport annuel n°2. 2001. 30 p.
- 3 Ngakou A. Potentials of selected biofertilizers and myoinsecticides in managing *Megalurothrips sjostedti* and improving cowpea production in Cameroon. Ph.D. thesis, Department of Life Sciences, University of Buea. 2007, 197p.
- 4 Plenchette C., Clermont-Dauphin C., Meynard J.M., Fortin J.A. Managing arbuscular mycorrhizal fungi in cropping systems. *Canadian Journal of Plant Science*. 2005; 85(1): 31-40.
- 5 Yao D., Bonny B., Iré Zoro Bi A. Biotechnologie, Agronomie, Observation préliminaires de la variabilité entre quelques morphotypes de voandzou (*Vigna subterranea* L. verdc., fabaceae) de Côte d'Ivoire. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*. 2005 ; 9(4): 249-258.
- 6 FAO, 2009. Profil Nutritionnel du Tchad-Division de la nutrition et de la protection des consommateurs. 61P.
- 7 Acosta J.A.A., Amado T.J.C., Neergaard A., Vinther M., Silva, L.S., Nicoloso R.S. Effect of 15N-Labeled Hairy Vetch and Nitrogen Fertilization on Maize Nutrition and Yield under No Tillage. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*. 2011;35: 1337-1345.
- 8 Ahmet G.M., Abdallah A.A.M. Nutritive evaluation of bambara groundnut (*Vigna subterranea*) Pods, seeds and hull as animal feeds. *Journal of Applied Sciences Research*. 2010 ;6(5): 383-386.
- 9 Useni S.Y., Mayele K., Kasangij A.K.P., Nyembo K.L., Baboy L.L. Effets de la date de semis et des écartements sur la croissance et le rendement du niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp) à Lubumbashi, RD Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 2014, 6 (1): 40-47.
- 11 Ngakou, A., Koehler, H., Ngueliaha, H.C. The Role of Cow Dung and Kitchen Manure Composts and Their Non-Aerated Compost Teas in Reducing the Incidence of Foliar Diseases of *Lycopersicon esculentum* (Mill). *International Journal of Agricultural Research, Innovation and Technology*. 2014;4: 88-97.
- 12 Ridine W., Ngakou A., Mbaiguinam M., Namba F., Pataï A. interactive effects of chemical (NPK) and Organic (Bat Guano) fertilizers on two selected maize varieties grown in pala (Chad). *Pakistan Journal of Botany*. 2014; 46: 1673-1770.
- 13 Ngakou A., Ngo Nkot L., Gomoung D., Adamou S., Mycorrhiza-*Rhizobium*-*Vigna subterranea* dual symbiosis: impact of microbial symbionts for growth and sustainable yield improvement. *International Journal of Agriculture and Biology*. 2012; 14:915-921.
- 14 Agrawal P.K., Agrawal S., Singh U., Katiyar N., Verma S.K., Phenotypic characterization of rhizobia from legumes and its application as a bioinoculant. *Journal of Agricultural Technology*. 2012; 8(2): 681-692.
- 15 CIRAD-GRET, Mémento de l'Agronome. Ministère des Affaires étrangères. 2002, 1691p.
- 16 Oad F.C., Kumar L., Biswas J.K., Effect of *Rhizobium japonicum* doses (Liquid culture) on the growth and seed yield of soybean crop. *Asian Journal of Plant Science*. 2002;1(4): 340-342.
- 17 Afzal A., Asghari B., Mussarat F., Higher soybean yield by inoculation with N-fixing and P-solubilizing bacteria. *Agronomy for Sustainable Development*. 2010 ;30(2): 487-495.
- 18 Mandimba G.R., Makéla E., Moussongo P., Pandzou J., Nodulation et rendement du soja (glycine max L. merrill) inoculé par *B. japonicum* dans différents systèmes de culture à Kombé-Brazzaville, Congo. *Tropicultura*. 1994;12(4): 134-140.
- 19 Calmès J., Viala G., Gelfi N., Blanchet R., Laurent J., Influence d'un déficit hydrique sur trois variétés de soja : Effet sur la protéogenèse des graines. *Agronomie, EDP Sciences*. 1985 ; 5(2): 169-176.
- 20 Habineza M.J.P., Samine A.C., Semacumu G., Dushimimana C., Effet de l'inoculation au *Rhizobium* et de la fertilisation au triple super phosphate sur le comportement des variétés du soja. *Annales de l'UNIGOM*. 2016 ; 4(2): 99-110.
- 21 Giller, K.E., Dashiell, K.E., Glycine max (L.) Merrill. In: van der Vossen HAM and Mkamillo GS (Eds.) Plant Resources of Tropical Africa 14. Vegetable Oils. PROTA Foundation, Wagenigen. Netherlands/Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands/CTA, Wagenigen, Netherlands. 2007. pp 74 – 78.
- 22 N'gbesso F. De P.M., Assanvo S.P.N., N'Guessan C.K., Kouahou F.B., Evaluation de l'efficacité de l'inoculation des semences chez 11 génotypes de soja (*Glycine max* L. Merrill) en zone de savane de Côte d'Ivoire. *Sciences and Nature*. 2010 ;7(1): 59 - 67.
- 23 Mandimba G.R., Kangoni M.M., Bilémbolo M., Makosso S. Sur quelques aspects de la production du soja (*Glycine max* L.) au Congo : essais préliminaires. *Tropicultura* ; 1991 ; 9(1): 6-10.
- 24 Abiba Y., Evaluation agronomique de quelques variétés de niébé pour la production de graines et des fanes et leur résistance vis à vis des principaux ennemis. Mémoire de fin d'étude. Université de Niamey, 2004, 32p.
- 25 Rongouni G., Adamou S., Nadjilom Y., Gomoung D., Toukam T.S., Ngakou A., Morpho-Physiological and Biochemical Characterization of Soybean-Associated Rhizobia and Effect of Their Liquid Inoculant Formulation on Nodulation of Host Plants in the Cameroon Cotton Fields Zone. *American Journal of Plant Sciences*. 2023;14(7): 812-827.
- 26 Ganava J., Gomoung D., Ngo Nkot L., Toukam T. S., Ngakou A., Differential traits of rhizobia associated to root-nodules of gum acacia (*Senegalia senegal*), shittah tree (*Vachellia seyal*), pigeon pea (*Cajanus cajan* L) and cowpea (*Vigna unguiculata*). *African Journal of Microbiology Research*. 2020 ; 14(9) :497-506.
- 27 Gomoung D., Ngakou A., Mbailao M., Nodulation responses of four food crop legumes to cross inoculation in the Guinea-savannah (Ngaoundere-Cameroon) and Soudannian (Sarh-Chad). *World journal of Agricultural Research*. 2017;5(3): 117-125.



How to cite this article: **GOMOUNG Doloum, KEMSOL NAGORNGAR Angéline, MAOUNDOMBAYE Théophile, TCHAMOGOYE K.B., NGAOU.** IMPACTS DE L'INOCULATION CROISEE DES RHIZOBIA SUR LA PRODUCTIVITE DU SOJA DANS LA REGION SOUDANO-GUINEENNE DU TCHAD ET DU CAMEROUN : UNE ANALYSE EXPERIMENTALE. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023;17(6):78-84. DOI : 10.5281/zenodo.10409442

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

CONTRIBUTION A L'ANALYSE DE LA PERCEPTION PAR LES HABITANTS DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIES AUX USINES D'EGRENAJE DE COTON DE SOFITEX AU BURKINA FASO



CONTRIBUTION TO THE ANALYSIS OF RESIDENTS' PERCEPTION OF ENVIRONMENTAL RISKS ASSOCIATED WITH COTTON GINNING FACTORIES OF SOFITEX IN BURKINA FASO

| Arnaud S.W. KABORE ^{1,2,3*} | Alain P.K. GOMGNIMBOU ² | Hamadé SIGUE ⁴ | Noël COMPAORE ² | Osée W. OUEDRAOGO ^{2,5}, DEMBELE Basirou ² | et | Corentin Y. SOME ³ |

1. Ministère de l'Environnement | de l'eau et de l'Assainissement | Direction générale de la Préservation de l'environnement, Ouagadougou | Burkina Faso |
2. Centre National de la recherche Scientifique et Technologique | Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA|CNRST), Laboratoire Sol-Eau-Plante, BP 910, Bobo Dioulasso | Burkina Faso |
3. Université Norbert ZONGO | Laboratoire de Recherche en Sciences Humaines et Sociales (LABOSHS) | Unité de Formation et de Recherche en Lettres et Sciences Humaines | Département de Géographie | Koudougou, Burkina Faso |
4. Centre National de la recherche Scientifique et Technologique | Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA|CNRST) | Station de Recherche de Saria, Koudougou | Burkina Faso |
5. Ecole nationale des eaux et forêts | Bobo Dioulasso | Burkina Faso |

| DOI: 10.5281/ZENODO.10425896 | | Received November 19, 2023 | | Accepted November 21, 2023 | | Published December 23, 2023 | | ID Article | Arnaud-Ref1-6-17ajiras191223 |

RESUME

Introduction : La problématique des nuisances industrielles s'entremêle avec divers enjeux sociétaux, soulignant l'importance de la représentation des rejets industriels, tels que les résidus solides, les émissions atmosphériques, et les nuisances sonores. **Objectif** : L'objectif de cette étude est d'analyser les perceptions environnementales des riverains des usines d'égrenage de coton de la SOFITEX à Bobo-Dioulasso et Banfora. **Méthodes** : Pour atteindre cet objectif, des enquêtes ont été menées auprès de 210 riverains des usines, évaluant leurs opinions sur les rejets solides, les émissions atmosphériques, et les nuisances sonores. **Résultats** : Les résultats révèlent que 60% des riverains de Bobo 1, 2 estiment que les usines émettent des résidus solides, tandis que ce chiffre est de 38% pour ceux de Banfora 1, 2. Par ailleurs, 47,87% des riverains des usines Bobo 1, 2 perçoivent des émissions de particules de fibres en suspension et de poussière, contre 22,27% pour les riverains de Banfora 1, 2. Les nuisances sonores sont peu ressenties dans les deux localités (19%). Seulement 3% des populations de Banfora et 9% de Bobo-Dioulasso perçoivent les émissions des usines comme une source de préjudices sanitaires. **Conclusion** : Une analyse du test de Student révèle que la proximité influence significativement les perceptions des riverains par rapport aux rejets solides ($\alpha=0,000$) et aux préjudices sanitaires ($\alpha=0,04$). En conclusion, cette étude contribue à analyser les nuisances environnementales perçues par les riverains des usines Bobo 1, 2 et Banfora 1, 2, visant à améliorer la gestion environnementale des usines et à garantir un environnement sain aux populations.

Mots-clés: Perception, Populations Riveraines, Risque Environnemental, Usines, SOFITEX, Bobo Dioulasso Banfora.

ABSTRACT

Introduction: The issue of industrial nuisances intertwines with various societal challenges, emphasizing the importance of representing industrial emissions, such as solid residues, atmospheric emissions, and noise pollution. **Objective**: The aim of this study is to analyze the environmental perceptions of residents living near the cotton ginning factories operated by SOFITEX in Bobo-Dioulasso and Banfora. **Methods**: To achieve this objective, surveys were conducted with 210 residents living near the factories, evaluating their opinions on solid waste, atmospheric emissions, and noise pollution. **Results**: The findings reveal that 60% of residents in Bobo 1, 2 believe that the factories emit solid residues, while this figure is 38% for those in Banfora 1, 2. Additionally, 47.87% of residents near the factories in Bobo 1, 2 perceive emissions of suspended fiber particles and dust, compared to 22.27% for residents near Banfora 1, 2. Noise pollution is less perceived in both locations (19%). Only 3% of the population in Banfora and 9% in Bobo-Dioulasso perceive factory emissions as a source of health hazards. **Conclusion**: An analysis of the Student's t-test reveals that proximity significantly influences residents' perceptions regarding solid waste ($\alpha=0.000$) and health hazards ($\alpha=0.04$). In conclusion, this study contributes to analyzing the environmental nuisances perceived by residents near the factories in Bobo 1, 2 and Banfora 1, 2, aiming to enhance environmental management and ensure a healthy environment for the populations.

Keywords: Perception, Resident Populations, Environmental Risk, Factories, SOFITEX, Bobo Dioulasso, Banfora.

1.INTRODUCTION

Les représentations environnementales des individus résultent d'une construction personnelle influencée par divers facteurs tels que les connaissances individuelles, la vision des enjeux, l'accès à l'information, la perception sensorielle et l'histoire de vie [1]. Par conséquent, une différence potentiellement significative existe entre les risques objectifs et les risques perçus. Plusieurs approches d'analyse de la perception ont émergé de ces études, parmi lesquelles figure celle de Slovic et al., dont les résultats ont identifié certaines caractéristiques des risques influençant la perception des populations [2]. Ainsi, un risque est jugé moins acceptable lorsqu'il est subi, incontrôlable, d'origine humaine, inconnu,

redouté, injuste, immoral, catastrophique, associé à un événement mémorable, ou lorsqu'il est difficile de faire confiance à la personne responsable de sa maîtrise [3, 4].

D'un point de vue sanitaire, la perception négative d'une pollution environnementale peut entraîner, indépendamment de l'exposition réelle à cette pollution, des sensations de gêne, d'inconfort, et une altération de la qualité de vie [3-5]. Les industries représentent l'une des principales sources de pollution dans nos villes [6]. Cependant, ces entreprises doivent mettre en place des mécanismes favorisant une meilleure gestion environnementale afin de préserver la qualité de l'environnement et la santé des populations. Afin de répondre aux aspirations en faveur d'un environnement sain prônées et exigées par les autorités et les riverains, la réalisation d'enquêtes de perception pourrait contribuer à favoriser l'acceptabilité sociale des usines. Une question légitime se pose alors : comment les riverains appréhendent-ils les effets environnementaux induits par les usines d'égrenage de coton ? C'est dans cette perspective que la présente étude a été initiée. L'objectif général est d'analyser la perception des populations riveraines sur le risque environnemental généré par les usines d'égrenage de coton de la Société Nationale des Fibres Textiles au Burkina (SOFITEX) implantées dans les villes de Bobo-Dioulasso et Banfora au Burkina Faso. Cette entreprise contribue significativement à l'économie du pays.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Milieu d'étude

L'étude a été conduite au sein des communes urbaines de Bobo-Dioulasso et de Banfora, avec la sélection de deux unités industrielles dans chacune de ces communes, basée sur des critères rigoureux de sélection :

- Les sites choisis sont situés dans des zones géographiquement distinctes ;
- Les sites offrent une accessibilité adéquate et présentent des mesures de sécurité appropriées ;
- Les sites sont à proximité immédiate des zones résidentielles.

Ces critères ont conduit à la sélection des usines d'égrenage de coton Bobo 1 et 2, ainsi que celles de Banfora 1 et 2, dans le cadre de notre recherche. La commune de Bobo-Dioulasso est positionnée à 365 km de la capitale politique, Ouagadougou, située entre 11° 11' 00" de Latitude Nord et 4° 17' 00" de Longitude Ouest [7]. La commune de Banfora, quant à elle, est localisée entre 10° 37' 36" de Latitude Nord et 4° 45' 29" de Longitude Ouest [8]. Les usines d'égrenage de coton Bobo 1, 2 et Banfora 1, 2 sont respectivement localisées, comme indiqué dans les tableaux 1 et 2 ci-dessous.

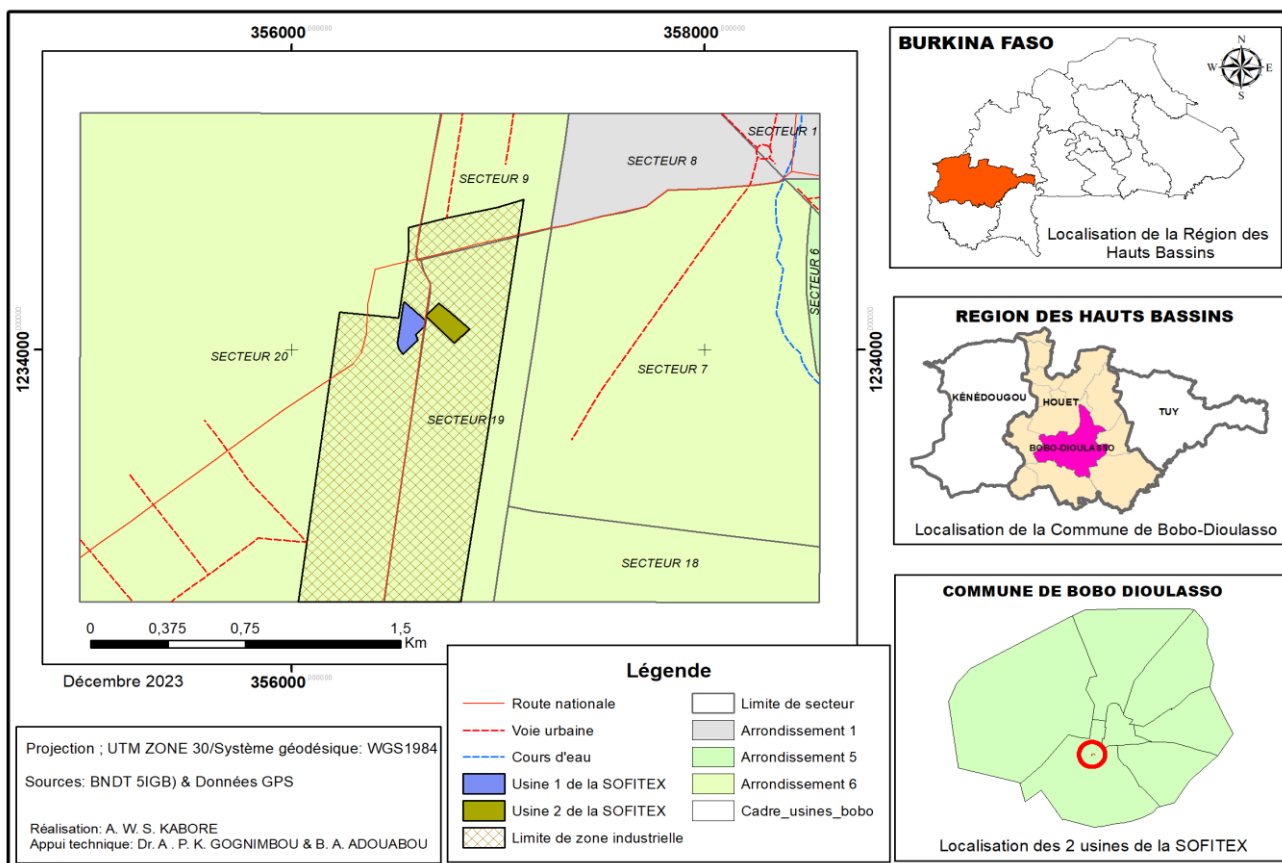


Figure 1 : Localisation des usines d'égrenage de coton Bobo 1 et 2 de la SOFITEX.

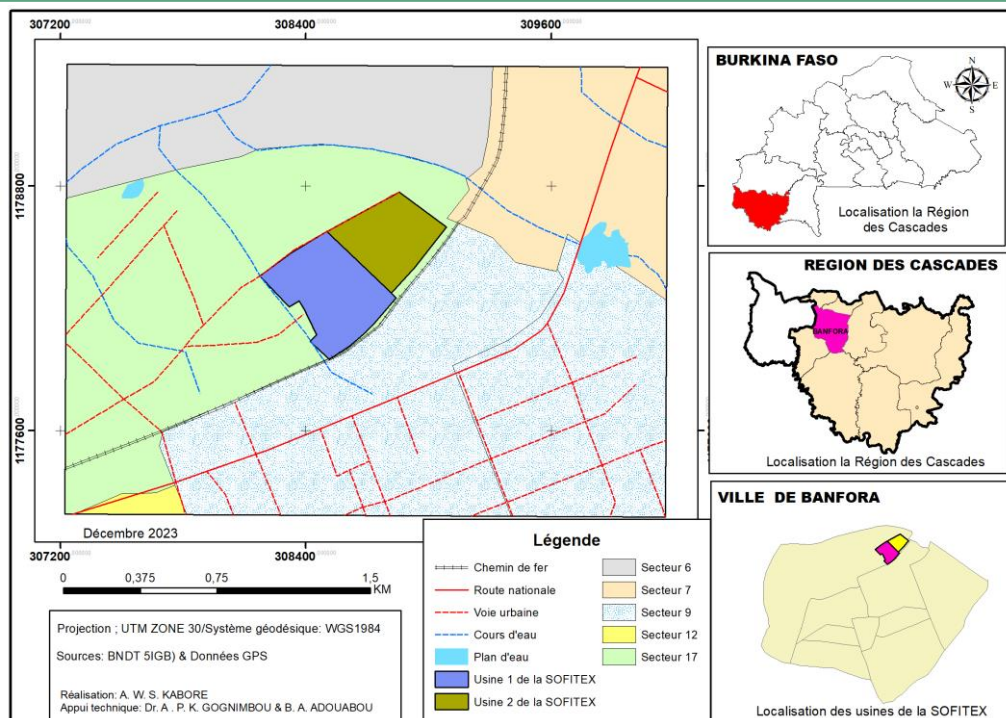


Figure 2 : Localisation des usines d’égrenage de coton Banfora 1 et 2 de la SOFITEX.

1.2. Echantillonnage des riverains

Dans le cadre de cette étude, une méthodologie d'échantillonnage stratifié a été employée. Pour constituer l'échantillon, 210 riverains ont été délibérément sélectionnés parmi les quatre unités industrielles, en prenant en considération leur proximité respective avec les usines. Les riverains ont été répartis en trois strates distinctes en fonction de leur distance par rapport aux installations industrielles : les riverains immédiats (moins de 500 m), les riverains intermédiaires (500 à 1000 m) et les riverains éloignés (1000 à 1500 m). Chaque individu de la population a été exclusivement attribué à une seule strate, excluant tout chevauchement entre elles. Par la suite, un échantillonnage aléatoire simple a été effectué pour sélectionner des individus de chaque strate, lesquels ont été intégrés dans l'échantillon final. La taille de l'échantillon a été déterminée selon la méthode de Schwartz (1969) [9], fondée sur le principe du tirage exhaustif [10]. La formule utilisée pour calculer la taille de l'échantillon est explicitée comme suit :

$$N = (Za^2 PQ) / d^2$$

Où :

N = Taille de l'échantillon ;

Za = écart fixé à 1,96 qui correspond à un degré de confiance de 95 % ;

P = rapport du nombre de ménages du secteur au nombre total de ménages de la commune ;

Q = 1 - P ;

d = marge d'erreur qui est égale à 5 % .

La taille de l'échantillon des riverains est de 210 riverains représentant 1/2 de l'échantillon (Tableau 1). Dans l'optique de minimiser ou de garder la marge d'erreur en cas d'indisponibilité ou des données manquantes qui surviendraient dans certaines exploitations, une quinzaine de riverains ont été ajoutés.

Tableau 1 : Valeurs des paramètres utilisés pour le calcul de la taille de l'échantillon.

Provinces	Communes	Secteurs	Total riverains	Za ²	Q	d ²	N	N/2
Houet	Ardt 6 Bobo	Secteur 19	1786	3,84	0,64	0,0025	210	105
Comoé	Banfora	Secteur 8	3170	3,84	0,36	0,0025	210	105
Total			4956				420	210

1.3. Collecte des données

Les données ont été collectées directement au moyen de fiches d'enquêtes, d'observations sur le terrain, et d'une recension documentaire. Le questionnaire d'enquête, élaborée spécifiquement pour cette étude, a été administrée aux riverains des usines Bobo 1, 2 et Banfora 1, 2. Ce questionnaire s'est principalement concentrées sur (i) les caractéristiques socio-démographiques des riverains, et (ii) les caractéristiques des nuisances environnementales perçues par les riverains des usines Bobo 1, 2 et Banfora 1, 2 de la SOFITEX. Des observations directes sur le terrain ont été réalisées pour appréhender le fonctionnement des unités ainsi que les infrastructures disponibles sur les sites. Enfin, une analyse documentaire a été effectuée, impliquant la collecte de documents publiés traitant de la notion de perception des risques environnementaux, tels que des livres et des articles de revues.

1.4. Traitement et analyse statistique des données

Les données collectées ont été traitées à l'aide du logiciel Excel 2016 avant d'être soumises à une analyse approfondie au moyen de SPSS 20. Les résultats ont émergé suite à une analyse descriptive et à l'application d'un test du khi-deux sur SPSS version 20. Le test du khi-deux, avec un niveau de signification fixé à 5%, a été employé pour évaluer l'impact de la proximité aux usines et du type d'usine sur la perception des nuisances par les riverains. L'interprétation des résultats du test du khi-deux s'appuie sur deux hypothèses. L'hypothèse nulle stipule l'absence de relation entre la perception des nuisances et la proximité à l'usine ou le type d'usine. En revanche, l'hypothèse alternative suppose une corrélation entre la proximité à l'usine ou le type d'usine et la perception des nuisances environnementales. Si le niveau de signification est inférieur à 0,05, l'hypothèse nulle est rejetée, indiquant une relation significative entre les variables. Dans le cas contraire, le maintien de l'hypothèse nulle signifie l'absence de relation significative entre les variables.

2. RESULTATS

2.1. Caractéristiques sociodémographiques

Le tableau 2 montre les caractéristiques sociodémographiques des personnes enquêtées.

Tableau 2 : Caractéristiques sociodémographiques des riverains.

		Effectif	%
Sexe	Masculin	143	68,2
	Féminin	67	31,8
Tranche d'âge	<25 ans	4	1,9
	25-45 ans	56	27
	>45 ans	150	71,1
Niveau d'instruction	Non instruits	40	19
	Primaire	64	30,3
	Secondaire	106	50,7
Proximité avec les usines]0-500]	110	51,6
]500-1000]	75	34,9
]1000-1500]	25	11,6

Les résultats de l'enquête révèlent que parmi les riverains interrogés, 68,2% étaient de sexe masculin, tandis que 31,8% étaient de sexe féminin. L'analyse des données démontre également que 71,1% des enquêtés sont âgés de plus de 45 ans, avec seulement 1,9% des répondants ayant moins de 25 ans et 27% appartenant à la tranche d'âge entre 25 et 45 ans. En ce qui concerne le niveau d'instruction des participants, 50,7% des riverains ont atteint un niveau d'éducation secondaire, 30,3% ont un niveau primaire, et 19% n'ont pas suivi d'instruction formelle.

2.2. Caractéristiques des nuisances environnementales des usines

Une analyse comparative des caractéristiques des nuisances environnementales a été réalisée pour les localités de Bobo-Dioulasso et Banfora, où sont respectivement implantées les usines d'égrenage de coton de la SOFITEX, Bobo 1, 2 et Banfora 1, 2. Les résultats de cette analyse sont présentés dans le tableau 3 ci-dessous.

Tableau 3 : Analyse des impacts environnementaux des usines dans différentes localités.

		Type d'usine dans les localités (%)			χ^2	ddl	P-value
		Banfora	Bobo	Total			
Rejets de résidus solides	Oui	18	30	48	11	1	0,001
	Non	32	2	34			
Rejets de gaz	Oui	2	1	3	1,81	1	0,17
	Non	48	49	98			
Nuisances sonores	Oui	16	4	20	18,62	1	0,0001
	Non	35	46	81			
Préjudices sanitaires des émissions des usines	Oui	3	9	12	7,81	1	0,005
	Non	47	41	88			
Emission des polluants atmosphériques	Oui	22	48	70	67,71	1	0,000
	Non	28	2	30			

Rejets de résidus solides des usines.

Les répercussions des rejets de résidus solides provenant des usines d'égrenage de coton de la SOFITEX présentent une sensibilité variable selon la localité. Les résultats mettent en évidence un lien statistiquement significatif, à hauteur de 100%, entre la perception des rejets de résidus solides et la ville de résidence ($\chi^2 = 11,377$; ddl = 1 ; P-Value = 0,001 < 0,05). En ce qui concerne la présence de rejets de résidus solides dans les localités de Bobo et Banfora, 48%

des résidents ont confirmé cette émission, tandis que 32% n'ont perçu aucune émission, comme illustré dans la figure 3. Les résultats révèlent également une disparité entre les populations de Bobo-Dioulasso et Banfora dans la perception des rejets de résidus solides, avec une proportion de 60% pour les résidents de Bobo-Dioulasso et 38% pour ceux de Banfora.

Rejets de résidus solides des usines

Les impacts des rejets de résidus solides provenant des usines d'égrenage de coton de la SOFITEX démontrent une variabilité significative en fonction de la localité. Les résultats révèlent un lien statistiquement significatif à 100% entre la perception des rejets de résidus solides et la ville de résidence ($\chi^2 = 11,377$; ddl = 1 ; P-Value = 0,001 < 0,05). En ce qui concerne la présence de rejets de résidus solides à Bobo et Banfora, 48% des résidents confirment cette émission, tandis que 32% ne perçoivent aucune émission, comme indiqué dans la figure 3. Une disparité est observée entre les populations de Bobo-Dioulasso et Banfora dans la perception des rejets de résidus solides, avec une proportion de 60% pour les résidents de Bobo-Dioulasso et 38% pour ceux de Banfora.

L'usine rejette des gaz

Concernant les rejets de gaz, la perception des riverains n'a pas montré de signification statistique par rapport à la localité, avec un coefficient de signification $\alpha > 0,05$. Ainsi, 98% des riverains ne perçoivent pas d'émissions de gaz provenant des différentes usines.

Nuisances sonores

Les nuisances sonores sont perçues de manière différenciée par les riverains en fonction de la localité. Les résultats (tableau 3) mettent en évidence un lien très significatif (100%) entre la localisation des usines et les émissions de nuisances sonores ($\chi^2 = 18,62$; ddl = 1 ; P-Value = 0,000 < 0,05). À Banfora, 16% des riverains déclarent que les unités émettent des nuisances sonores, tandis qu'à Bobo-Dioulasso, plus de 96% ont répondu par la négation.

Préjudices sanitaires liés aux usines

En ce qui concerne les préjudices sanitaires liés aux activités des usines, 12% des riverains estiment que les émissions de polluants ont un impact sur leur santé, tandis que 88% ne perçoivent pas les émissions comme dangereuses. Le test de khi-deux révèle une relation de dépendance entre la perception des populations quant aux effets des activités des usines sur leur santé et les localités d'implantation des usines (khi-deux= 9,36, ddl=1, $\alpha < 0,05$). De même, une relation significative (100%) est observée entre la perception des préjudices sanitaires liés aux usines et le niveau d'instruction ($\chi^2 = 9,36$; ddl = 1 ; $\alpha = 0,02 < 0,05$).

Emissions de polluants atmosphériques

L'analyse de la perception des riverains concernant les émissions de polluants atmosphériques montre une liaison significative (100%) avec la localité d'implantation des usines (tableau 3). Le test de Khi-deux donne une valeur de 68,59 pour un degré de liberté (ddl) de 1 avec un coefficient de significativité $\alpha = 0,000 < 0,05$. Ces résultats indiquent que les riverains de Bobo-Dioulasso perçoivent davantage les émissions (47,87%) par rapport à ceux de Banfora (22,27%) sur les 70,1% ayant reconnu l'existence d'émissions de polluants atmosphériques, principalement caractérisées par les particules de fibres de coton en suspension. Ces variations suggèrent la nécessité de prendre des mesures d'atténuation spécifiques en fonction de la localité.

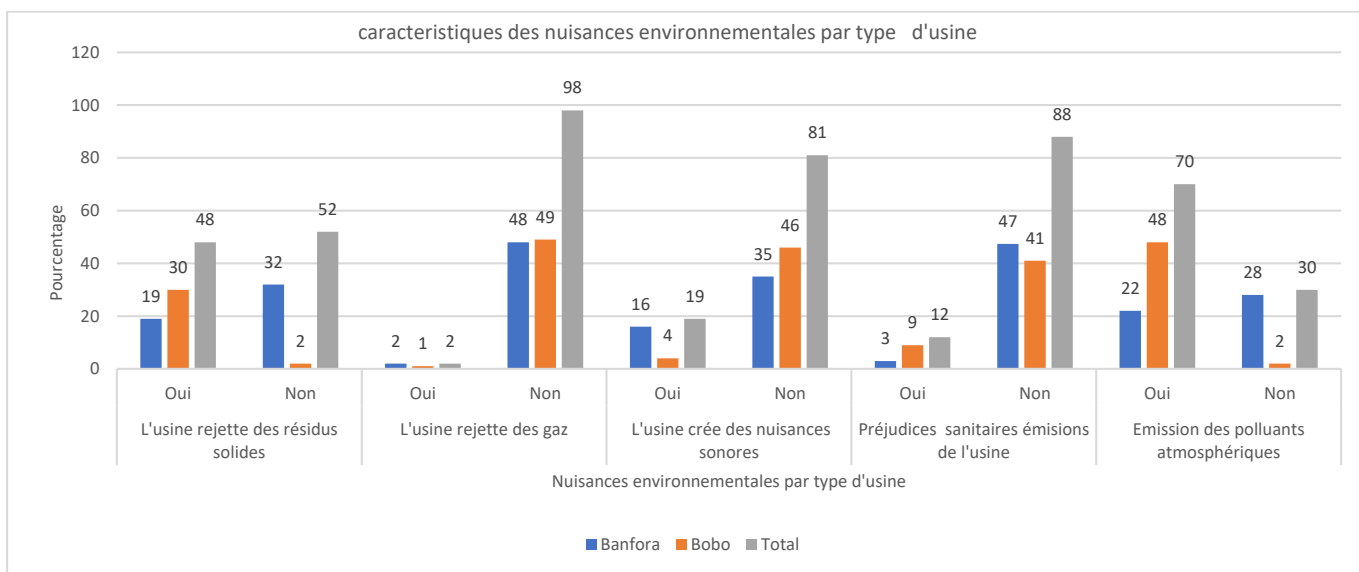


Figure 3 : Caractéristiques des nuisances environnementales par type d'usine.

La figure 3 présente des résultats qui caractérisent les types de nuisances environnementales perçues par les populations riveraines des usines Bobo 1,2 et Banfora 1, 2 de la SOFITEX dans les localités de Bobo-Dioulasso et Banfora.

2.3. Relation entre la proximité des riverains aux usines et leur perception par rapport aux types de nuisances environnementale

La recherche de relation entre la proximité des riverains aux usines et leur perception des nuisances environnementales a été établie et le tableau 4 présente les résultats du test de Student pour les nuisances générées par les usines d'égrenage de coton de la SOFITEX.

Tableau 4 : Analyse des relations entre les perceptions des riverains par rapport aux nuisances environnementales et la proximité avec les usines

		Somme des carrés	df	Moyenne des carrés	F	Signification
Rejets solides	Inter-groupes	8,719	2	4,359	20,62	0,000
	Intra-classe	43,973	208	0,211		
	Total	52,692	210			
Rejets de gaz	Inter-groupes	0,104	2	0,052	2,261	0,107
	Intra-classe	4,778	208	0,023		
	Total	4,882	210			
Nuisances sonores	Inter-groupes	0,437	2	0,219	1,395	0,25
	Intra-classe	32,596	208	0,157		
	Total	33,033	210			
Préjudices sanitaires des émissions de l'usine	Inter-groupes	0,664	2	0,332	3,228	0,042
	Intra-classe	21,374	208	0,103		
	Total	22,038	210			
Emission des polluants atmosphériques	Inter-groupes	1,133	2	0,566	2,737	0,067
	Intra-classe	43,057	208	0,207		
	Total	44,19	210			

Les résultats présentés dans le tableau 4 mettent en lumière des relations significatives entre la proximité des riverains par rapport aux usines et leurs perceptions des rejets solides, ainsi que les préjudices sanitaires liés aux émissions des usines. Les analyses révèlent une relation significative entre la proximité des riverains autour des usines et leurs perceptions des rejets solides, avec une valeur de $F=20,62$ pour un degré de liberté $DF=2$, associée à une P -value $\alpha=0,000 < 0,05$.

De manière similaire, pour les préjudices sanitaires, les résultats démontrent une relation significative avec une valeur de $F=3,22$ pour un degré de liberté $DF=2$ et une P -value $\alpha=0,04 < 0,05$. Cela indique que la proximité des riverains influe de manière statistiquement significative sur leurs perceptions des préjudices sanitaires découlant des émissions des usines. En revanche, la proximité avec les usines ne semble pas avoir d'influence significative sur les perceptions des nuisances sonores ($\alpha=0,25 > 0,05$), des rejets de gaz ($\alpha=0,1 > 0,05$), ni des émissions de polluants atmosphériques ($\alpha=0,06 > 0,05$).

2.4. Relation entre nuisances environnementales et caractéristiques socioéconomiques

Au préalable, un test du modèle de régression linéaire a été effectué et l'objectif de ce test était de vérifier sa significativité. Le tableau 5 présente les résultats du test.

Tableau 5 : test du modèle de régression linéaire

Perception par rapport à la présence des usines dans la localité					
	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Régression	4,054	4	1,014	2,62	0,036
Résidu	79,699	206	0,387		
Total	83,754	210			

Le résultat montre que le modèle est significatif avec un coefficient de significativité $\alpha=0,03 < 0,05$. Le tableau 6 ci-dessous représente les résultats de l'analyse de la régression linéaire simple sur la perception des riverains des usines d'égrenage des deux villes de la SOFITEX par rapport aux caractéristiques sociales des riverains. Les variables explicatives (variable dépendante) retenues pour cette analyse sont l'âge, la proximité avec les usines, le sexe et le niveau d'instruction des personnes enquêtées. Cette analyse permet de déterminer les facteurs explicatifs de la perception des riverains vis-à-vis de l'existence des usines dans leurs localités d'implantation.

Tableau 6 : régression linéaire entre caractéristiques sociales des riverains et leurs perceptions vis-à-vis de l'existence des usines.

Coefficient de la perception par rapport à la présence des usines dans la localité					
	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signification
	A	Erreur standard	Bêta		
(Constante)	2,471	0,219		11,282	0
Nombre d'années	0,075	0,047	0,109	1,591	0,113
Proximité avec les usines	-0,114	0,064	-0,125	-1,786	0,076*
Sexe de l'enquêté	0,202	0,095	0,15	2,122	0,035**
Niveau d'instruction	-0,102	0,063	-0,113	-1,619	0,107

(A : coefficient de corrélation).

Les résultats contenus dans le tableau 6 indiquent que la variable « sexe » influence positivement la perception des riverains par rapport à l'existence des usines dans leurs localités ($A = -0,114$) et de façon significative au seuil de 5%. Les variables « sexe » et la perception par rapport à l'existence des usines sur leurs sites d'implantation sont fortement corrélées ($A = 0,20$ et P p-value $\alpha = 0,035 < 0,05$).

Les résultats présentés dans le tableau 6 révèlent que la variable « sexe » exerce une influence positive significative sur la perception des riverains quant à l'existence des usines dans leurs localités, avec un coefficient A égal à $-0,114$ et ce, de manière significative au seuil de 5%. Il est à noter que le signe négatif du coefficient A peut nécessiter une clarification ou une vérification, car cela pourrait indiquer une association inverse à celle attendue.

De plus, il existe une forte corrélation entre la variable « sexe » et la perception par rapport à l'existence des usines sur leurs sites d'implantation, illustrée par un coefficient A de $0,20$ et une P-value $\alpha = 0,035 < 0,05$. Cette corrélation suggère que le genre a une influence significative sur la manière dont les riverains perçoivent la présence des usines dans leurs localités. Il est recommandé de procéder à une analyse plus approfondie pour interpréter la nature de cette corrélation et explorer d'éventuelles subtilités liées au genre et à la perception des riverains vis-à-vis des usines.

3. DISCUSSION

Types de Nuisances et Perception des Riverains

Les habitants des régions de Bobo-Dioulasso et Banfora manifestent des perceptions divergentes des nuisances environnementales. En effet, les perceptions des nuisances sonores, des émissions de rejets solides et des polluants atmosphériques sont significativement liées au type d'usine et à la zone d'implantation. Cette corrélation suscite des préoccupations chez les riverains concernant les préjudices sanitaires résultant des nuisances environnementales perçues. Ces résultats soulignent ainsi l'influence de la localité sur la perception des riverains envers la présence des usines dans leur région. Ces constats rejoignent les conclusions de Haouès-Jouve et al., (2021) [11], qui, dans leur étude sur la qualité de l'environnement à Toulouse en France, ont démontré que des facteurs tels que la localité de résidence, les formes urbaines, le type de résidence et l'appartenance socio-culturelle influent sur la perception des populations vis-à-vis des nuisances sonores.

Les riverains perçoivent les émissions de polluants atmosphériques en se basant sur les particules de fibres qui leur sont visibles. Ces résultats corroborent l'étude de Khazen et al., (2019) [12], sur la perception de la pollution de l'air à Beyrouth, montrant que les populations fondent leur perception sur des éléments sensoriels et physiques. Par ailleurs, la proximité des habitations des usines ne semble pas influencer les perceptions des riverains concernant les nuisances environnementales.

Nuisances Environnementales et Proximité des Riverains autour des Usines

La proximité des riverains par rapport aux usines exerce un effet significatif ($\alpha < 0,05$) sur la perception des rejets de résidus solides par les usines et sur les préjudices sanitaires liés à la présence des usines. De plus, une variation significative de la perception des riverains quant aux préjudices sanitaires liés aux activités des usines est observée. Ces constatations sont en accord avec une étude menée dans la zone industrielle de la commune de Salindres en France par Daniau et al., (2018) [5]. Leur recherche sur le rôle médiateur des attitudes dans la relation entre les nuisances industrielles et la santé perçue a indiqué que les personnes installées autour des usines perçoivent les industries, à travers leurs émissions de bruits, d'odeurs et de stimuli visuels, comme des facteurs de dégradation de leur qualité de vie (sanitaire).

Nuisances Environnementales et Caractéristiques Socioéconomiques des Riverains

Les résultats d'une régression linéaire simple mettent en évidence que le sexe est la seule variable ayant une influence significative et positive sur la perception de l'existence des usines dans les zones d'implantation. En revanche, d'autres

variables telles que le niveau d'instruction et l'âge n'influencent pas de manière significative la perception des riverains quant aux nuisances environnementales. Ces résultats diffèrent partiellement de ceux de Guillemot et al., (2015) [13], qui ont montré dans leur étude sur la perception du risque et l'engagement dans des stratégies d'adaptation aux changements climatiques que le genre, l'âge et le niveau d'instruction n'ont aucune influence sur la perception des riverains vis-à-vis des nuisances environnementales.

L'ensemble des résultats souligne une prise de conscience et des préoccupations manifestées par les populations riveraines des usines face aux phénomènes ayant un impact sur la qualité de leur cadre de vie. Par conséquent, il est impératif pour la direction générale de la SOFITEX d'adopter des mesures préventives des risques environnementaux de leurs unités, visant à améliorer l'acceptabilité sociale au sein des communautés locales. Ce constat trouve écho dans le comportement des populations vivant dans l'étang de Berre et à Fos-sur-Mer, deux localités françaises abritant plusieurs industries à risques, où les habitants se mobilisent, manifestent, et influent sur les choix des plans d'aménagement pour prévenir les risques de pollution dans leurs villes [14].

Une analyse approfondie des perceptions révèle une variabilité allant de l'acceptation passive à la préoccupation et l'engagement actif des populations [15]. Il apparaît également une divergence de perception influencée par divers facteurs, notamment la proximité des installations industrielles.

Les données analysées indiquent que les populations riveraines sont conscientes des activités de la SOFITEX et des risques potentiels associés. Les principales préoccupations concernent les émissions atmosphériques, les effets sur le sol, ainsi que les possibles répercussions sur la santé et le bien-être des résidents locaux. Par ailleurs, l'insuffisance de la communication entre la SOFITEX et les communautés riveraines a contribué à l'amplification de ces inquiétudes.

Les résultats ont des implications directes pour les pratiques opérationnelles de la SOFITEX et les politiques de communication, comme l'a démontré Robert (2016) [16], dans son étude sur les contestations des nuisances environnementales des industries et des injustices territoriales à Gabès et Kerkennah (Tunisie). Les populations ressentent les rejets des entreprises et se mobilisent pour exprimer leur mécontentement, soulignant ainsi l'importance d'une communication efficace et de l'implication de toutes les parties prenantes.

Dans cette optique, il est fortement recommandé que la SOFITEX renforce sa communication avec les populations riveraines en fournissant des informations claires et régulières sur ses activités, les mesures de prévention des risques mises en place, et les actions correctives en cas d'incidents. De plus, la mise en œuvre de mécanismes de participation communautaire et de dialogue ouvert pourrait contribuer à instaurer la confiance, répondre aux préoccupations spécifiques des résidents locaux, et co-crée des solutions durables pour une cohabitation harmonieuse entre l'industrie et la communauté [17,18].

4. CONCLUSION

En conclusion, cette étude visait à explorer la perception des populations riveraines des risques environnementaux associés aux usines de la SOFITEX. Les résultats de cette recherche ont mis en lumière plusieurs constatations significatives. Tout d'abord, il est évident que les populations riveraines sont conscientes de l'impact potentiel des activités industrielles sur leur environnement proche. Le manque de communication de la part de la SOFITEX a été identifié comme un facteur majeur contribuant aux inquiétudes.

Les populations riveraines ont exprimé des préoccupations spécifiques concernant les émissions atmosphériques et leur impact sur la qualité de l'air et de l'eau. De plus, les résultats ont mis en évidence une demande croissante de participation communautaire dans les processus décisionnels liés aux activités industrielles, afin d'assurer que les préoccupations locales soient prises en compte de manière adéquate.

Cette étude constitue un premier pas vers une compréhension plus approfondie de la dynamique complexe entre les industries et les communautés environnantes. Pour des actions futures, il est recommandé de réaliser des enquêtes périodiques pour évaluer les progrès et d'explorer davantage les meilleures pratiques de communication et de gestion des risques environnementaux dans des contextes similaires.

En mettant en avant l'importance de la collaboration entre les entreprises, les autorités et les communautés locales, cette étude souligne la nécessité d'une coexistence harmonieuse tout en préservant l'environnement et en garantissant la sécurité des populations riveraines. Elle offre une base solide pour des actions futures visant à améliorer la gestion des risques environnementaux et à promouvoir des relations positives entre la SOFITEX et les populations riveraines. Les résultats appellent à une approche collaborative et proactive, où la compréhension mutuelle et la communication transparente sont les clés pour bâtir un avenir plus durable et équilibré.

5. REFERENCES

1. Lolive J, Okamura C. Quelle communication pour la société du risque ? Des expérimentations méthodologiques pour développer une culture du risque. *Cahiers de géographie du Québec*. 2016;60(169):157–172. <https://doi.org/10.7202/1038668ar>.

2. Slovic P, Fischhoff B, Lichtenstein S. Response mode, framing and information-processing effects in risk assessment. In: The perception of risk. Routledge; 2016. p. 154-167. ISBN 9781315661773.
3. Grange D, Sommen C, Gremy I. Les perceptions de la pollution de l'air extérieur en Ile-de-France. Rapport ORS Ile-de-France. 2010;178 pages.
4. Olivero J. De la perception du risque de l'entreprise à sa représentation, et impact sur la gestion des risques industrialo-environnementaux (RIE) : proposition d'un modèle qualitatif à variables conceptuelles. HAL open science. 2010;24 pages. hal-02274965. Disponible dans : <https://hal.science/hal-02274965>
5. Daniau C, Wagner V, Kermarec F, Lert F, Gourier-Fréry C, Ménard C, Bérat B, Stempfelet M, Empereur-Bissonnet P. Rôle médiateur des attitudes dans la relation entre les nuisances industrielles et la santé perçue. *Environnement, Risques & Santé*. 2018;17(6):596-610. ISSN 1635-0421.
6. Mebirouk H, Hamma W, Boubendir-Mebirouk F. Main sources of pollution and its effects on health and the environment in Annaba. *Urbanism. Architecture*. 2018;9(2):167-182.
7. INSD (Institut National de la Statistique et de la Démographie). Annuaire statistique 2020 de la région des Hauts Bassins. Ouagadougou, Burkina Faso: Rapport INSD; 2021a.
8. INSD (Institut National de la Statistique et de la Démographie). Annuaire statistique 2020 de la région des Cascades. Ouagadougou, Burkina Faso : Rapport INSD ; 2021b.
9. Schwartz, D. *Statistical Methods for Physicians and biologists*. Edition Flammarion Médecins Science. 1969.
10. Sanon HO, Zorma A, Simian A, Obulbiga MF, Compaoré E. Analyse des pratiques d'embouche ovine dans deux zones semi-arides du Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*. 2020;150(1):15390-15402. Doi : <https://doi.org/10.35759/JABS.150.1>
11. Haouès-Jouve S, Lemonsu A, Gauvreau B, Amossé A, Can A, et al. Cross-analysis for the assessment of urban environmental quality: An interdisciplinary and participative approach. *Environ Plan B: Urban Anal City Sci*. 2021;48(3):1024–1047. <https://doi.org/10.1177/23998083211037350>.
12. Khazen MA, Adjizian-Gerard J, Flanquart H. La perception de la pollution de l'air à Beyrouth. *Territoire en mouvement Revue de géographie et aménagement*. 2019;41. Mis en ligne le 04 avril 2019. Consulté le 28 novembre 2020. DOI : <https://doi.org/10.4000/tem.5279>.
13. Guillemot J, Aubé M. L'adaptation aux changements climatiques dans la Péninsule acadienne : rôles d'acteurs clés dans l'émergence d'un dialogue articulé à l'échelle régionale. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*. Hors-série 23. Novembre 2015. Consulté le 20 janvier 2022. Disponible sur : <http://journals.openedition.org/vertigo/16664> ; doi : <https://doi.org/10.4000/vertigo.16664>.
14. Osadtch C. Les dynamiques du concernement environnemental en territoire conflictuel. Fos sur Mer, un territoire industriel sous pression. *Rives méditerranéennes*. 2020;(61):125-145. doi: <https://doi.org/10.4000/rives.7931>
15. Oltra C, Sala R. A Review of the Social Research on Public Perception and Engagement Practices in Urban Air Pollution. *Informes Técnicos Ciemat*. 2014;1317:45(18):66 pages. ISSN: 1135-9420.
16. Robert D. Contestations croisées des nuisances environnementales des industries et des injustices territoriales à Gabès et Kerkennah (Tunisie). *Spatial Justice*. 2016;(16).
17. Osadtch C. Mobilisations et conflits liés à la maîtrise de l'urbanisation autour des industries à risque. *Territoire en mouvement*. 2014;23(24):129-142. Doi : <https://doi.org/10.4000/tem.2618>.
18. Baba S, Mailhot C. De la controverse à l'acceptabilité sociale : le rôle constructif du conflit. [Vertigo]. *La revue électronique en sciences de l'environnement*. 2016;16(1). Doi : <https://doi.org/10.4000/vertigo.16917>.



How to cite this article: Arnaud S.W. KABORE, Alain P.K. GOMGNIMBOU, Hamadé SIGUE, Noël COMPAORE, Osée W. OUEDRAOGO, DEMBELE Basirou, et Corentin Y. SOME. CONTRIBUTION A L'ANALYSE DE LA PERCEPTION PAR LES HABITANTS DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIES AUX USINES D'EGRENAGE DE COTON DE SOFITEX AU BURKINA FASO. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023;17(6): 68-77. DOI : 10.5281/zenodo.10425896

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

PALUDISME ET MORTALITÉ INFANTILE : ÉTUDE ÉPIDÉMIOLOGIQUE CHEZ LES ENFANTS DE 0 À 59 MOIS DANS LA ZS LUKONGA

MALARIA AND INFANT MORTALITY INFANTILE: ÉTUDE ÉPIDÉMIOLOGIQUE CHEZ LES ENFANTS DE 0 À 59 MOIS DANS LA LUKONGA SZ



| LUKADI BAMUE KABASU Sylvie | et | MULUMBA BETU KU MESU Clément * |

Université de Kananga | Faculté de Médecine | Kananga, R.D. Congo |

| DOI: 10.5281/ZENODO.10370994 | | Received November 27, 2023 | | Accepted December 10, 2023 | | Published December 14, 2023 | | ID Article | LUKADI-Ref1-5-17ajiras071223 |

RESUME

Introduction : Le paludisme, maladie parasitaire fébrile et hémolytique, est une érythrocytopathie provoquée par le développement et la multiplication dans l'organisme humain d'un hématozoaire du genre Plasmodium. Cette maladie est transmise à l'homme par la piqûre infectante d'un moustique femelle du genre Anophèles. Malgré les progrès significatifs réalisés dans la lutte contre le paludisme, cette affection demeure une menace majeure pour la santé de la population mondiale. **Objectif** général : Contribuer à la réduction de la morbidité et de la mortalité dues au paludisme chez les enfants de moins de cinq ans dans la ville de Kananga.

Méthode : Nous avons mené une étude transversale à visée analytique sur la persistance du paludisme chez les enfants de 0 à 59 mois dans la zone de santé Lukonga. La collecte des données s'est effectuée à l'aide d'une technique d'interview guidée par un questionnaire. Les données recueillies ont été saisies et analysées à l'aide des logiciels Ep Info 7, Excel 2013 et SPSS. **Résultats** : En ce qui concerne la connaissance du paludisme, 99,2% des 240 femmes ayant un enfant de moins de 5 ans étaient conscientes de la maladie. En ce qui concerne les associations, la non-utilisation de moustiquaire était significativement associée à la persistance du paludisme chez les enfants de moins de 5 ans (RP=2,8; IC à 95%[1,9 à 4,1]; p<0,001). Cependant, la présence de poubelles non couvertes n'était pas significativement associée à la persistance du paludisme chez les enfants de moins de 5 ans (RP=0,9; IC à 95%[0,3 à 2,4]; p=0,539). Les résultats indiquent que la majorité des femmes dans la zone de santé Lukonga étaient conscientes du paludisme et de ses manifestations. Le traitement à domicile, la non-utilisation de moustiquaire, la présence d'un jardin et d'un point d'eau dans la parcelle étaient significativement associés à la persistance du paludisme chez les enfants de moins de 5 ans.

Conclusion : bien que des progrès aient été réalisés dans la lutte contre le paludisme, cette maladie reste une menace majeure pour la santé mondiale. Les résultats de notre étude soulignent l'importance de sensibiliser sur l'utilisation de moustiquaires et la gestion des environnements domestiques pour réduire la persistance du paludisme chez les enfants.

Mots clés : persistance, paludisme, enfants de 0 à 59 mois.

ABSTRACT

Introduction: Malaria, a febrile and hemolytic parasitic disease, is an erythrocytopathy caused by the development and multiplication of a hematozoan of the genus Plasmodium in the human body. This disease is transmitted to humans through the infectious bite of a female mosquito of the genus Anopheles. Despite significant progress in the fight against malaria, this condition remains a major threat to global public health. **Objective**: To contribute to the reduction of morbidity and mortality due to malaria in children under five years of age in the city of Kananga. **Method**: We conducted a cross-sectional analytical study on the persistence of malaria in children aged 0 to 59 months in the Lukonga health zone. Data collection was carried out using a guided interview technique with a questionnaire. The collected data were entered and analyzed using the software Ep Info 7, Excel 2013, and SPSS.

Results: Regarding knowledge of malaria, 99.2% of the 240 women with a child under 5 years of age were aware of the disease. Regarding associations, the non-use of mosquito nets was significantly associated with the persistence of malaria in children under 5 years old (PR=2.8; 95% CI [1.9 to 4.1], p<0.001). However, the presence of uncovered garbage was not significantly associated with the persistence of malaria in children under 5 years old (PR=0.9; 95% CI [0.3 to 2.4]; p=0.539). The results indicate that the majority of women in the Lukonga health zone were aware of malaria and its manifestations. Home treatment, non-use of mosquito nets, the presence of a garden, and a water point on the plot were significantly associated with the persistence of malaria in children under 5 years old. **Conclusion**: Although progress has been made in the fight against malaria, this disease remains a major threat to global health. The results of our study emphasize the importance of raising awareness about the use of mosquito nets and the management of domestic environments to reduce the persistence of malaria in children.

Key words: persistence, malaria, children aged 0 to 59 months

1. INTRODUCTION

En 2010, le paludisme a causé 1,24 million de décès à travers le monde, dont 90% sont survenus en Afrique subsaharienne. Plus de la moitié concernait des enfants de moins de cinq ans ; c'est ainsi que l'Organisation Mondiale de la Santé [1] estime qu'il y a eu dans le monde 198 millions de cas de paludisme (127 millions-283 millions) et 584 milles décès. Plus de 90% de cas et au moins Quatre-vingts pourcents de ces décès sont survenus en Afrique en dessous du Sahara. Comme stratégies utilisées pour le contrôle de cette endémie tropicale, nous pouvons citer la distribution de masse de la moustiquaire imprégnée d'insecticide à longue durée (MILD), la communication interpersonnelle pour

améliorer la couverture de son utilisation, la chimio-prévention chez la femme enceinte, le diagnostic précoce et la prise en charge précoce des cas avec des médicaments efficaces comme les combinaisons à base d'artémisinine [1].

Les enfants de moins de cinq ans et les femmes enceintes demeurent des groupes vulnérables dans les régions à transmission modérée ou intense. À l'heure du passage à l'échelle des interventions à haut impact sur l'ampleur du paludisme, la persistance de la parasitémie asymptomatique dans la population autochtone est inquiétante car elle pourrait constituer un réservoir, une menace à l'atteinte de l'élimination du paludisme [2]. En dépit de la faible qualité des données décrite régulièrement par l'OMS à l'égard de certains pays africains, comme la RDC, les cas rapportés ne cessent d'augmenter ; ceci pourrait se comprendre aisément car l'accès aux soins s'est considérablement amélioré, comme en témoigne la diminution de la mortalité infantile [3]. Malheureusement, en RDC et particulièrement à Kananga, les informations sur la prévalence du paludisme des enfants de moins de cinq ans sont très peu disponibles. Quand elles existent, elles ont de l'âge et donc peu exploitables.

L'Afrique subsaharienne est la région où le taux d'infection est le plus élevé. Le paludisme y est de même la principale cause de mortalité chez les enfants de moins de cinq ans. En République Démocratique du Congo (RDC), selon l'annuaire des statistiques sanitaires publié par la Direction de lutte contre la maladie et des grandes endémies du Ministère de la Santé Publique, le paludisme demeure l'endémie majeure et la première cause de morbidité ; il compte également parmi les trois premières causes de mortalité dans le groupe des plus vulnérables, à savoir les enfants de moins de cinq ans et les femmes enceintes [4]. En 2013, 11 363 817 cas de paludisme ont été enregistrés, soit 38 % des consultations externes et 955 311 cas de paludisme grave en hospitalisation dont 30 918 décès enregistrés, soit 39 % des décès hospitaliers selon le rapport annuel 2013 du programme national de lutte contre le paludisme. Une recrudescence des cas a été rapportée en 2018 avec un taux d'incidence de 177 pour mille, dépassant ainsi les proportions relevées ces dix dernières années. La transmission anophélienne est intense et permanente pouvant atteindre 1000 piqûres infectées par personne et par an ; c'est ce qui permet une acquisition précoce de la prémunition, vers l'âge de cinq ans. Chez l'enfant de moins de 5 ans, 30 à 50 % des fièvres sont attribuées au paludisme. La morbidité s'étale sur toute l'année. Les formes graves de paludisme, en particulier les formes neurologiques, sont fréquentes chez le jeune enfant et rares chez l'adulte [4]. Selon une étude menée à l'Université de Kinshasa, un épisode de paludisme grave revenait à au moins 69 \$US pour la femme enceinte et 95 \$ US pour l'enfant, sachant qu'un enfant congolais fait, en moyenne, 10 épisodes de fièvre par an. Cette maladie est responsable d'un taux élevé d'absentéisme scolaire ; elle constitue donc pour la RDC un facteur d'aggravation de la pauvreté, une cause d'inégalités et un frein au développement [4].

La maladie sévit de façon endémique et sa transmission est quasi-permanente. L'extrême pauvreté de la population, l'insalubrité en milieux urbains et ruraux, et la pratique généralisée de l'automédication sont à la base de la forte prévalence de cette endémie en RDC. Malgré les efforts fournis par le gouvernement et le programme de lutte contre le paludisme, celui-ci persiste surtout chez les enfants de moins de 5 ans. À Lubumbashi, le paludisme est encore d'actualité et son incidence a été récemment estimée à 17,82%, et la mortalité hospitalière avoisine 28,32% [5]. La plupart des cas sévères et des décès dus au paludisme en milieux sous-équipés arrivent généralement tard à l'hôpital après une tentative d'automédication sans succès, alors qu'une arrivée précoce et une identification des facteurs de risque de décès évitent souvent d'aboutir à une issue fatale. Au-delà de ces facteurs, le non-respect des recommandations de prise en charge par les personnels soignants au niveau des structures sanitaires contribuerait probablement aux échecs thérapeutiques et à l'émergence des souches résistantes de *Plasmodium falciparum* aux antipaludiques usuels [4].

2. METHODE ET MATERIEL

2.1. Cadre de recherche

Cette étude a été conçue pour analyser de manière approfondie l'influence persistante du paludisme chez les enfants de moins de 5 ans à Kananga, au sein de la Zone de Santé Lukonga. Le choix de cette zone géographique spécifique est motivé par des considérations épidémiologiques pertinentes et la nécessité d'une compréhension locale approfondie.

2.2. Technique de l'échantillonnage

L'approche méthodologique adoptée est une étude transversale à visée analytique. Les données ont été collectées de manière prospective sur une période précise, du 16 juillet au 30 août 2022, afin de capturer les variations saisonnières potentielles dans la prévalence du paludisme.

2.3 Population d'étude

La population cible de cette recherche englobe tous les enfants âgés de 0 à 59 mois de la Zone de Santé Lukonga qui ont préalablement connu le paludisme. Cette approche inclusive vise à obtenir une représentation exhaustive de la réalité épidémiologique locale.

2.4 Critère d'inclusion

Les critères d'inclusion ont été définis avec précision. Ont été inclus dans l'étude tous les enfants âgés de 0 à 59 mois ayant précédemment souffert du paludisme et résidant dans la Zone de Santé Lukonga. La présence de la mère ou de la gardienne, ainsi que leur volonté explicite de participer en répondant à nos questions, sont des éléments essentiels

pour garantir la qualité des données recueillies. N'ont pas été inclus dans l'étude les enfants dont la mère ou la gardienne était absente lors de nos investigations, ou présente mais ayant décliné notre sollicitation pour répondre à nos questions, ont été exclus afin de maintenir la rigueur méthodologique de la recherche.

1.1 Collecte des données

La collecte des données s'est déroulée au moyen de l'interview guidée par un questionnaire élaboré spécifiquement pour cette étude. Cette approche méthodologique a permis une standardisation des données recueillies, garantissant ainsi la cohérence et la comparabilité des informations obtenues.

1.2 Analyse des données

Les données recueillies ont été traitées de manière rigoureuse en utilisant plusieurs logiciels statistiques spécialisés. L'enregistrement et l'analyse ont été effectués à l'aide des logiciels Epi Info 7, Excel 2013 et SPSS, garantissant ainsi la fiabilité des résultats obtenus.

Pour les variables qualitatives, des proportions ont été calculées. En ce qui concerne les variables quantitatives, en plus des proportions, des mesures statistiques telles que la moyenne arithmétique, l'écart-type, la médiane, les valeurs minimales et maximales, ainsi que le mode ont été déterminées. Ces mesures offrent une vue exhaustive de la distribution des données quantitatives. L'analyse statistique inclut également l'établissement d'associations significatives. Le rapport des prévalences (PR) a été calculé avec un intervalle de confiance, fixant le seuil de risque alpha à 0,05. La p-value a été utilisée pour évaluer la significativité des associations identifiées. Les domaines spécifiques analysés englobent les données sociodémographiques telles que l'âge, le sexe, la résidence, le niveau d'instruction, et d'autres paramètres pertinents. Par ailleurs, l'étude a porté une attention particulière à l'exploration des connaissances, attitudes, et pratiques des mères relatives au paludisme chez les enfants de moins de 5 ans, enrichissant ainsi l'analyse par des perspectives contextuelles importantes.

3. RESULTATS

Tableau 1 : Répartition des femmes enquêtées selon les caractéristiques sociodémographiques.

Age (années)	Fréquence	Pourcentage
21-30	92	30,7
31-40	101	39,7
41-50	20	11,3
51-60	21	12,3
61 et plus	8	6,0
Age (Moyenne ± Ecart-type)		
Total	242	100
Age (Moyenne ± Ecart-type)		38,8ans ± 12,4 ans
Occupation	Fréquence	Pourcentage
Sans profession	111	45,9
Travailleurs du secteur public	15	6,2
Travailleurs du secteur privé	116	47,9
Total	242	100
Niveau d'études		
Primaire	89	29,7
Secondaire	144	67,3
Universitaire	9	3,0
Total	242	100
Etat matrimonial		
Célibataire	40	13,3
Marié	174	77,3
Veuve	8	2,7
Divorcée	20	6,7
Total	242	100
Nombre d'enfants de moins 5ans		
1	113	46,7
2	120	49,6
3	6	2,5
4	3	1,2
Total	242	100
Moyenne ± Ecart-type		1,3 ± 0,8

Il ressort de ce tableau que l'âge moyen des femmes incluses dans l'enquête était de 38,8 ± 12,4ans. L'âge modal est de 30 ans. Il résulte de ce tableau que 116 femmes soit 47,9% étaient du secteur privé ou informel.

Selon notre étude, la répartition des femmes révèle que 202 femmes soit 67,3% avaient un niveau d'études secondaire et 9 soit 3,0% étaient universitaires. En fonction de l'état matrimonial, on observe que parmi les 232 femmes, soit 77,3%, étaient mariées, 40 femmes, soit 13,3%, étaient célibataires, et 8 femmes, soit 2,7%, étaient veuves. Les données de ce tableau révèlent également que sur l'ensemble des 242 femmes, soit 80,7%, ont déclaré avoir au moins un enfant de moins de 5 ans, tandis que 58 femmes, soit 19,3%, ont affirmé ne pas avoir d'enfants de moins de 5 ans. Il ressort du tableau 1 que 120 femmes soit 49,6% avaient déclaré avoir 2 enfants de moins de 5 ans, 113 soit 46,7% avaient déclaré en avoir 1 et 3 femmes soit 1,2% avait déclaré avoir 4 enfants de moins de 5 ans. Le nombre moyen d'enfants de moins de 5 ans était de $1,3 \pm 0,8$.

Tableau 2 : Analyse démographique de la Connaissance et des Pratiques liées à la Malaria chez les Femmes : Symptômes, Facteurs Favorisant les Moustiques, Utilisation des Moustiquaires et Pratiques de Protection pour les Enfants de Moins de 5 Ans.

Connaissance de la malaria	Fréquence	Pourcentage (%)
Non	2	0,8
Oui	240	99,2
Total	242	100
Manifestations de la malaria	Fréquence	Pourcentage (%)
Fièvre	240	100
Maux de tête	225	93,8
Douleurs généralisées	82	34,2
Vomissements	93	38,8
Pâleur conjonctivale	21	8,8
Fatigue	104	43,3
Convulsions	21	8,8
Facteurs favorisant les moustiques	Fréquence	Pourcentage (%)
Ordures ménagère/saleté	93	38,8
Point d'eau	216	90,0
Verdure	25	10,4
Total (N)	240	

Ce tableau nous montre que 240 femmes ayant un enfant de moins de 5 ans soit 99,2% connaissaient la malaria. Les données de ce tableau indiquent que toutes les 240 femmes, soit 100%, ont mentionné la fièvre comme symptôme de la malaria. De plus, 225 femmes, soit 93,8%, ont évoqué les maux de tête, tandis que 28,8% ont fait référence aux vomissements. En outre, 21 femmes, soit 8,8%, ont respectivement cité la pâleur conjonctivale et les convulsions. D'après les données de ce tableau, il apparaît que 216 femmes, soit 90,0%, ont identifié le point d'eau comme un facteur propice à la présence de moustiques. En revanche, 93 femmes, soit 38,8%, ont cité les ordures ménagères/saleté, et 25 femmes, soit 10,4%, ont fait référence à la verdure.

Tableau 3 : Analyse des pratiques de lutte contre la malaria chez les femmes avec enfants de moins de 5 ans : utilisation des moustiquaires, connaissance de l'usage dans le ménage, et raisons de non-utilisation pour les enfants de moins de 5 Ans.

Pratiques	Fréquence (n=240)	Pourcentage (%)
Usage d'insecticide	74	30,8
Usage de la moustiquaire	224	93,3
Assainissement du milieu	135	56,3
Ventiler, chasser avec un pagne, une étoffe ou un balai	9	3,8
Bien se couvrir	27	11,3
Utiliser la lotion anti-moustique	17	7,1
Rien	10	4,2
Utilisation de la moustiquaire		
Non	16	6,7
Oui	224	93,3
Total	240	100
Enfant de moins de 5 ans dormant sous la moustiquaire		
Non	55	24,6
Oui	169	75,4
Total	224	100
Raison de non-utilisation de moustiquaire par les enfants de moins de 5 ans		
Manque de moustiquaire	31	56,4
Nous utilisons seulement l'anti-moustique	8	14,5
On ne supporte pas la moustiquaire	8	14,5
Par manque de lit	8	14,5
Total	55	100

Il ressort de ce tableau que 224 femmes soit 93,3% ont déclaré utiliser la moustiquaire pour se protéger contre les moustiques, 135 soit 56,3% ont parlé de l'assainissement du milieu, 74 soit 30,8% utilisaient des insecticides, 10 soit 4,2% ne faisaient rien et 9 soit 3,8% ventilaient, chassaient avec un pagne, une étoffe ou un balai. Ce tableau nous montre que 224 femmes soit 93,3% utilisaient la moustiquaire contre 16 soit 6,7% qui ne l'utilisaient pas. Le tableau nous n°16 indique que sur l'ensemble des femmes ayant des enfants de moins de 5 ans, 169 soit 75,4% ont déclaré que ces enfants dorment sous la moustiquaire contre 55 soit 24,6% qui ont déclaré le contraire. Il ressort de ce tableau que sur l'ensemble des femmes dont les enfants de moins de 5 ans n'utilisent pas la moustiquaire, 31 soit 56,4% ont évoqué le manque de moustiquaire, 8 soit 14,5% ont parlé respectivement de manque de lit, ne pas supporter la moustiquaire et utiliser l'anti-moustique.

Tableau 4 : Étude sur la Présence d'Enfants de Moins de 5 Ans : Analyse de la Répartition en Fonction de la Présence de Jardin, de Poubelle Non Couverte, de Point d'Eau et du Nombre de Ménages dans la Parcelle.

Présence de jardin dans la parcelle	Fréquence	Pourcentage (%)
Non	222	92,5
Oui	18	7,5
Total	240	100
Présence d'une poubelle non couverte		
Oui	230	95,8
Non	10	4,2
Total	240	100
Présence d'un robinet dans la parcelle		
Oui	71	29,6
Non	169	70,4
Total	240	100
Nombre de ménages dans la parcelle		
1	7	2,9
2	25	10,4
3	68	28,3
4	47	19,6
5	44	18,3
6	20	8,3
7	7	2,9
9	10	4,2
11	12	5,0
Total	240	100

Le tableau révèle que 92,5% (n=222) des femmes déclarent posséder un jardin dans leur parcelle, tandis que 7,5% (n=18) affirment le contraire. De plus, 95,8% (n=230) déclarent avoir une poubelle non couverte, contre 4,2% (n=10) déclarant ne pas en avoir. En ce qui concerne la présence d'un robinet, 70,4% (n=169) des femmes déclarent ne pas en avoir dans leur parcelle, tandis que 29,6% (n=71) en possèdent. Les femmes interrogées résident dans des parcelles avec une moyenne de 4 ménages et un écart-type de 2.

Tableau 5 : Analyse de l'Incidence Répétée de la Malaria chez les Femmes : Répartition en Fonction des Fréquences et Traitements Reçus.

Malaria plus d'une fois dans un mois	Fréquence	Pourcentage (%)
Oui	67	27,9
Non	173	72,1
Total	240	100
Traitement reçu		
Traitement moderne à domicile	16	23,9
Traitement moderne dans une structure médicale	37	55,2
Traitement traditionnel	14	20,9
Total	67	100

Ce tableau nous montre que 67 femmes ayant un enfant de moins de 5 ans soit 27,9% avaient déclaré que l'enfant avait fait la malaria plus d'une fois dans un mois. Il ressort de ce tableau que 37 femmes dont l'enfant de moins de 5 ans avait souffert de la malaria plus d'une fois le mois soit 55,2% ont déclaré avoir visité une structure sanitaire pour le traitement, 16 soit 23,9% ont évoqué un traitement moderne à domicile et 14 soit 20,9% qui ont déclaré avoir fait recours à la médecine traditionnelle.

Tableau 6 : Analyse des Facteurs Associés à la Persistance de la Malaria chez les Enfants de Moins de 5 Ans : Une Étude Compréhensive des Effets de l'Utilisation de Moustiquaires, de la Présence de Jardins, de Points d'Eau, du Traitement à Domicile et de la Gestion des Déchets.

Utilisation moustiquaire chez les enfants de moins de 5 ans	Persistance de la malaria				Total	RP [IC à 95%], p
	Oui	%	Non	%		
Non	36	50,7	35	49,3	71	
Oui	31	18,3	138	81,7	169	
Total	67	27,9	173	72,1	240	2,8 [1,9 à 4,1] ; p<0,001
Présence d'un jardin dans la parcelle	Persistance de la malaria				Total	RP [IC à 95%], p
	Oui	%	Non	%		
Oui	12	66,7	6	33,3	18	
Non	55	24,8	167	75,2	222	
Total	67	27,9	173	72,1	240	2,7[1,8 à 4,0] ; p<0,001
Présence d'un robinet dans la parcelle	Persistance de la malaria				Total	RP [IC à 95%], p
	Oui	%	Non	%		
Oui	54	76,1	17	23,9	71	
Non	13	7,7	156	92,3	169	
Total	67	27,9	173	72,1	240	9,9[5,8 à 16,9]; p<0,001
Traitement	Persistance de la malaria				Total	RP [IC à 95%], p
	Oui	%	Non	%		
Ailleurs	51	39,8	77	60,2	128	
A domicile	16	14,3	96	85,7	112	
Total	67	27,9	173	72,1	240	2,8[1,7 à 4,6], p<0,001
Présence poubelle non couverte	Persistance de la malaria				Total	RP [IC à 95%], p
	Oui	%	Non	%		
Oui	62	27,0	168	73,0	230	
Non	3	30,0	7	70,0	10	
Total	67	27,9	173	72,1	240	0,9 [0,3 à 2,4] ; p=0,539

Le tableau 6 indique une association significative entre la non-utilisation de moustiquaire et la persistance de la malaria chez les enfants de moins de 5 ans (RP=2,8 ; IC à 95% [1,9 à 4,1], p<0,001). De même, la présence d'un jardin dans la parcelle est significativement associée à la persistance de la malaria chez les enfants de moins de 5 ans (RP=2,7 ; IC à 95% [1,8 à 4,0], p<0,001), comme le démontre le tableau. Également, la présence d'un robinet dans la parcelle montre une association significative avec la persistance de la malaria chez les enfants de moins de 5 ans (RP=9,9 ; IC à 95% [5,8 à 16,9], p<0,001), selon les résultats du tableau 6. En outre, le tableau révèle que le traitement à domicile est significativement associé à la persistance de la malaria chez les enfants de moins de 5 ans (RP=2,8 ; IC à 95% [1,7 à 4,6] ; p<0,001). Cependant, la présence de poubelles non couvertes, comme illustré dans le tableau 6, n'est pas significativement associée à la persistance de la malaria chez les enfants de moins de 5 ans (RP=0,9 ; IC à 95% [0,3 à 2,4], p=0,539).

4. DISCUSSION

La présente étude montre que l'âge moyen des femmes enquêtées était de $38,8 \pm 12,4$ ans, avec un âge modal de 30 ans. Parmi ces femmes, 135 (45,0%) étaient ménagères, 86 (28,7%) exerçaient un métier libéral, 40 (13,3%) étaient vendeuses, et 3 (1%) étaient étudiantes (Le tableau 1). En ce qui concerne le niveau d'éducation, 202 femmes (67,3%) avaient un niveau d'études secondaire, tandis que 9 femmes (3,0%) étaient universitaires. Du côté de l'état matrimonial, 232 femmes (77,3%) étaient mariées, 40 (13,3%) étaient célibataires, et 8 (2,7%) étaient veuves. Comparativement, nos résultats diffèrent de ceux de la deuxième enquête démographique et sanitaire de la RDC, qui a indiqué que 46% des femmes enquêtées étaient mariées, 26% étaient célibataires, et 18% vivaient en union consensuelle. En outre, la distribution des niveaux d'instruction présentait des disparités, avec 15% des femmes de 15 à 49 ans n'ayant aucun niveau d'instruction, 37% ayant un niveau d'études primaire, 44% ayant un niveau d'études secondaires, et 4% étant universitaires [4]. Il est important de souligner que cette disparité est significative, en particulier compte tenu de la portée géographique spécifique de notre étude, limitée à la zone de santé Lukonga, tandis que l'autre enquête couvrait l'ensemble de la RDC. En ce qui concerne la taille des familles des femmes enquêtées, nous avons constaté que le nombre d'enfants variait autour de 5, avec un minimum de 1 et un maximum de 12. Parmi ces familles, 242 femmes (80,7%) ont déclaré avoir au moins un enfant de moins de 5 ans. De ce groupe, 120 femmes (49,6%) ont déclaré avoir 2 enfants de moins de 5 ans, 113 femmes (46,7%) ont déclaré en avoir 1, et 3 femmes (1,2%) ont déclaré avoir 4 enfants de moins de 5 ans. Le nombre moyen d'enfants de moins de 5 ans était de $1,3 \pm 0,8$, comme présenté dans les tableaux 1.

Dans notre étude, les femmes enquêtées résidaient dans des parcelles où le nombre moyen de ménages était de 4, avec un écart-type de 2. Les parcelles abritant un grand nombre de ménages peuvent être à l'origine de problèmes de santé s'ils ne maintiennent pas une hygiène et un assainissement environnemental adéquats. En ce qui concerne la connaissance de la malaria par les mères, le tableau 2 révèle que 240 femmes ayant un enfant de moins de 5 ans, soit 99,2%, étaient conscientes de la malaria. Cette connaissance constitue un atout majeur dans leur lutte contre le paludisme.

Concernant les symptômes de la malaria, toutes les 240 femmes (100%) ont mentionné la fièvre, 225 (93,8%) ont évoqué les maux de tête, 28,8% ont cité les vomissements, et 21 (8,8%) ont signalé respectivement la pâleur conjonctivale et les convulsions. Ces résultats diffèrent de ceux de la deuxième enquête démographique et sanitaire de la République démocratique du Congo, expliqués par la spécificité de notre zone d'étude par rapport à l'enquête nationale. La connaissance des signes de la malaria joue un rôle crucial dans la prise en charge précoce de la maladie. En ce qui concerne la perception de la gravité, notre étude indique que 240 femmes (100%) ont déclaré que la malaria est grave chez tout le monde. De plus, 128 femmes (53,3%) estiment qu'elle est grave chez les enfants de 6 à 59 mois, 76 (31,7%) chez les femmes enceintes, et 17 (7,1%) chez les personnes âgées. Ces résultats concordent avec d'autres études soulignant la vulnérabilité des enfants de moins de cinq ans et des femmes enceintes dans les zones à transmission modérée ou intense [6].

Concernant les facteurs favorisant la présence des moustiques, notre étude révèle que 216 femmes (90,0%) ont mentionné les points d'eau, 93 (38,8%) les ordures ménagères/saleté, et 25 (10,4%) la verdure. La présence d'un point d'eau peut favoriser les moustiques s'il n'est pas correctement canalisé et entraîne la stagnation de l'eau. Cependant, 228 femmes (95,0%) ont déclaré ne pas avoir de puits d'eau, 222 (92,5%) ont un jardin, 230 (95,8%) ont une poubelle non couverte, et 169 (70,4%) n'ont pas de robinet dans leur parcelle.

En ce qui concerne les mesures de lutte contre les moustiques, 224 femmes (93,3%) ont déclaré utiliser la moustiquaire, 135 (56,3%) ont mentionné l'assainissement du milieu, 74 (30,8%) utilisaient des insecticides, 10 (4,2%) ne faisaient rien, et 9 (3,8%) ventilaient, chassaient avec un pagne, une étoffe ou un balai. Ces résultats témoignent de l'adoption par la population des stratégies recommandées par l'OMS et le PNLP pour lutter contre le paludisme. Ce programme préconise la distribution à grande échelle de moustiquaires imprégnées d'insecticide à longue durée (MILD), la promotion de la communication interpersonnelle pour accroître la couverture de leur utilisation, la lutte contre les vecteurs, le dépistage précoce et la prise en charge rapide des cas à l'aide de médicaments efficaces tels que les combinaisons à base d'artémisinine [7]. Ces résultats témoignent de l'adoption par la population des stratégies de lutte contre cette maladie tropicale.

Comparativement à la deuxième enquête démographique et sanitaire, nos résultats présentent une prévalence plus élevée. En effet, dans leur enquête, 9,6% des participants ont mentionné l'utilisation d'insecticides, 3,7% de bâtons fumigènes, 63,5% de moustiquaires imprégnées d'insecticide, et 20,3% ont évoqué l'assainissement du milieu. Cependant, notre étude observe une proportion inférieure de personnes déclarant ne pas connaître de mode de prévention, soit 23,6% [4] (EDS-RDC, 2013-2014). Cette disparité s'explique par le contexte spécifique de notre zone d'étude par rapport à l'enquête nationale.

Concernant l'utilisation de moustiquaires, nous avons constaté que 75,4% des femmes ayant des enfants de moins de 5 ans ont déclaré que leurs enfants dormaient sous la moustiquaire. Ce résultat surpasse celui de la deuxième enquête démographique et sanitaire de la RDC, où 72% des ménages possédaient au moins une moustiquaire imprégnée d'insecticide, et parmi eux, seulement 57% des enfants de moins de 5 ans avaient passé la nuit sous la moustiquaire [4]. Cette amélioration dans notre étude peut être attribuée au contexte particulier de notre zone d'étude.

Concernant l'acquisition des moustiquaires, 93,8% des femmes ont déclaré utiliser des moustiquaires suspendues, dont 97,8% les ont obtenues gratuitement lors des campagnes de distribution, 11,6% lors des consultations prénatales (CPN), et 2,2% les ont achetées au marché.

En ce qui concerne les raisons de la non-utilisation des moustiquaires, notre étude révèle que parmi les femmes dont les enfants de moins de 5 ans n'utilisent pas la moustiquaire, 56,4% ont évoqué le manque de moustiquaires, 14,5% ont mentionné le manque de lits, l'intolérance à la moustiquaire et l'utilisation d'anti-moustiques. Notre résultats indiquent que 42,1% des femmes ont déclaré que leurs enfants de moins de 5 ans ont présenté de la fièvre au cours des deux semaines précédant l'enquête, tandis que 57,9% ont déclaré le contraire. Parmi celles dont les enfants ont souffert de la malaria plus d'une fois au cours du mois, 55,2% ont consulté une structure sanitaire, 23,9% ont opté pour un traitement moderne à domicile, et 20,9% ont eu recours à la médecine traditionnelle. Ces résultats diffèrent de la deuxième enquête démographique et sanitaire, soulignant l'importance de considérer le contexte local dans l'analyse des données. En République démocratique du Congo, le paludisme demeure la principale endémie et la première cause de morbidité, notamment chez les enfants de moins de cinq ans et les femmes enceintes. La persistance de la parasitémie asymptomatique dans la population autochtone est une préoccupation, car elle pourrait constituer un réservoir, entravant les efforts d'élimination du paludisme. Le traitement à domicile était significativement associé à la persistance de la malaria chez les enfants de moins de 5 ans, soulignant l'importance d'une identification précoce des facteurs de risque et d'une prise en charge adéquate. La pratique généralisée de l'automédication, l'extrême pauvreté

de la population et les conditions insalubres en milieux urbains et ruraux contribuent à la prévalence élevée de cette endémie en RDC.

Au-delà de ces déterminants, l'observance insuffisante des protocoles de prise en charge par le personnel médical dans les établissements de santé pourrait potentiellement contribuer aux échecs thérapeutiques et à l'émergence de souches résistantes de *Plasmodium falciparum* aux antipaludiques conventionnels [8]. Globalement, notre étude a révélé des associations significatives entre la non-utilisation de moustiquaires et la persistance de la malaria chez les enfants de moins de 5 ans (RP=2,8 ; IC à 95% [1,9 à 4,1] ; $p < 0,001$), la présence de jardins dans les parcelles (RP=2,7, IC à 95% [1,8 à 4,0] ; $p < 0,001$), et la présence d'un robinet dans les parcelles (RP=9,9 ; IC à 95% [5,8 à 16,9] ; $p < 0,001$). Ces constatations renforcent la vaste stratégie adoptée par le Programme National de Lutte contre le Paludisme (PNLP) pour contrôler les vecteurs du paludisme, en attendant que le pays puisse entreprendre des projets d'infrastructure significatifs à l'échelle nationale. Cette stratégie repose sur l'utilisation généralisée de moustiquaires imprégnées, en parallèle avec des mesures d'assainissement environnemental à domicile et péri-domicile, ainsi que l'administration de la Sulfadoxine-Pyriméthamine (SP)/Fansidar pour le Traitement Préventif Intermittent (TPI) chez les femmes enceintes. Ces approches fondamentales forment le socle des initiatives de lutte contre le paludisme, auxquelles s'ajoutent des stratégies complémentaires et transversales telles que la mobilisation sociale, l'Information, l'Éducation et la Communication (IEC)/Communication pour le Changement de Comportement (CCC), la surveillance épidémiologique, le partenariat, la recherche opérationnelle, et le suivi et l'évaluation [4]. La présente étude met en évidence la complexité des facteurs influençant la prévalence du paludisme dans la zone de santé Lukonga, offrant des perspectives importantes pour la mise en œuvre de stratégies de prévention et de contrôle ciblées. Les résultats appuient les grandes stratégies du PNLp tout en soulignant la nécessité de prendre en compte les spécificités locales pour une efficacité maximale.

5. CONCLUSION

L'étude sur la persistance du paludisme chez les enfants de moins de 5 ans dans la zone de santé Lukonga révèle une prise de conscience générale de la malaria parmi la majorité des femmes de la communauté. Cependant, des facteurs significatifs liés à la persistance du paludisme chez ces enfants ont été identifiés, tels que le traitement à domicile, la non-utilisation de moustiquaire, ainsi que la présence d'un jardin et d'un point d'eau dans la parcelle. Ces résultats soulignent l'importance de prendre en compte ces éléments dans les efforts de lutte contre le paludisme, notamment dans le contexte spécifique de la zone de santé Lukonga. Malgré une sensibilisation élevée, certaines pratiques contribuent à la persistance du paludisme chez les jeunes enfants. Ainsi, des interventions ciblées sont nécessaires pour encourager l'utilisation adéquate des moyens de prévention, comme les moustiquaires imprégnées d'insecticide à longue durée, et pour favoriser un accès rapide aux soins en cas de symptômes de paludisme. L'importance de renforcer les programmes de sensibilisation sur l'utilisation correcte de moyens préventifs, tels que les moustiquaires imprégnées d'insecticide à longue durée, ainsi que l'accès rapide aux soins en cas de symptômes de paludisme. Des stratégies ciblées visant à promouvoir ces pratiques pourraient contribuer de manière significative à la réduction de la persistance du paludisme chez les enfants de moins de 5 ans dans la zone de santé Lukonga.

6. REFERENCES

1. WHO. World Malaria Report. Geneva: World Health Organization; 2016.
2. Lindblade KA, et al. The silent threat: asymptomatic parasitemia and malaria transmission. *Expert Rev Anti Infect Ther.* 2013;11(6):823-839. PubMed
3. World Health Organization. World Malaria Report 2014. Geneva: WHO; 2014.
4. Ministère du Plan et Macro International. Enquête Démographique et de Santé, République Démocratique du Congo (EDS-RDC) 2007. Calverton, Maryland, USA.
5. Mulangu A, Mukuku O, Nzeba K, Swana E, Mukomena E, Tshikwey D, Numbi O, Murray CJ, Rosenfeld LC, Lim SS, et al. Global malaria mortality between 1980 and 2010: A systematic analysis. *Lancet.* 2012;379:413-431.
6. Adebayo AM, Akinyemi OO, Cadmus EO. Knowledge of malaria prevention among pregnant women and female caregivers of under-five children in rural southwest Nigeria. *Peer J.* 2015;3:pe792.
7. Programme National de Lutte contre le Paludisme (PNLP), Mali. Document de Politique Nationale de Lutte contre le Paludisme au Mali, juillet 2006.
8. Muhindo H, Ilombe G, Inocêncio da Luz, Kutekemeni A, Van Geertruyden JP, Lutumba P. Malaria policies versus practices, a reality check from Kinshasa, the capital of the Democratic Republic of Congo. *BMC Public Health.* 2015;15:352.



How to cite this article: LUKADI BAMUE KABASU Sylvie et MULUMBA BETU KU MESU Clément. PALUDISME ET MORTALITÉ INFANTILE : ÉTUDE ÉPIDÉMIOLOGIQUE CHEZ LES ENFANTS DE 0 À 59 MOIS DANS LA ZS LUKONGA. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023;17(6): 61-68. DOI : 10.5281/zenodo.10370994

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

ORIGINAL ARTICLE

SENSIBILITE AUX ANTIBIOTIQUES DES AGENTS PATHOGENES BACTERIENS ISOLES DES FERMES PISCICOLES COMMERCIALES DE PETITE ENVERGURE DANS LA DIVISION DU VINA, AU CAMEROUN



ANTIBIOTIC SUSCEPTIBILITY OF BACTERIAL PATHOGENS ISOLATED FROM SMALL-SCALE COMMERCIAL FISH FARMS IN THE VINA DIVISION, CAMEROON

| Maoudombaye Théophile ^{1*} | Assiam Djonimadji ² | et | Ngakou Albert ² |

¹. Université de Moundou | Faculté des Sciences Exactes et Appliquées, BP 206 Moundou | Tchad |

². Université de Ngaoundéré | Faculté des Sciences | Cameroun |

DOI: 10.5281/zenodo.10358516 | Received November 04, 2023 | Accepted December 06, 2023 | Published December 11, 2023 | ID Article | Maoudombaye-Ref1-6-17ajiras041223 |

RESUME

Introduction : La pisciculture est l'élevage de poissons pratiqué dans des milieux fermés ou semi-fermés tels que les étangs, bassins en béton ou cages. Cette étude a été menée dans de petites exploitations commerciales du département de la Vina, région de l'Adamaoua au Cameroun. **Objectif** : Déterminer le profil de sensibilité aux antibiotiques de bactéries isolées dans ces élevages piscicoles. **Matériel et méthodes** : 45 échantillons d'eau ont été prélevés dans 15 étangs selon un plan d'échantillonnage aléatoire. Les paramètres physico-chimiques (température, turbidité, pH) ont été mesurés sur place. Les indicateurs bactériologiques comme la flore mésophile aérobie totale (FMAT), coliformes totaux (CT) et fécaux (CF) ont été dénombrés. *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et les streptocoques fécaux ont été isolés puis testés pour leur sensibilité aux antibiotiques. **Résultats** : Les températures variaient de 23,46±0,24 à 30,73±0,47°C, les pH de 6,90±0,05 à 8,43±0,40 et les turbidités de 11,90±0,83 à 479±1,52 NTU. Les taux de contamination allaient de 6,66% (*S. aureus*) à 42,22% (streptocoques fécaux). De forts taux de multirésistance aux antibiotiques ont été observés chez *E. coli* (93,75%), les streptocoques (87,5%) et *S. aureus* (93,75%). **Conclusion** : La consommation de poissons issus de ces exploitations présenterait des risques de contamination bactérienne et d'exposition à des souches multirésistantes. Une sensibilisation du public est nécessaire sur l'importance de bien cuire ces poissons avant consommation. **Mots clés** : exploitations piscicoles, antibio-sensibilité, Département de Vina, Cameroun.

ABSTRACT

Introduction: Fish farming is the breeding of fish practiced in fully or partially closed areas such as ponds, concrete or plastic basins, traps, or cages. This study was conducted on small commercial fish farms in the Vina Department, Adamawa Region of Cameroon. **Objective:** It focused on determining the antibiotic susceptibility profile of isolated bacteria. **Material and methods:** 45 samples were taken from 15 ponds according to a complete randomized scheme, i.e. 3 samples per pond. Physicochemical parameters such as temperature, turbidity, and pH were analyzed in situ at the ponds. Bacteriological parameters such as total aerobic mesophilic flora (TAMF), total coliforms (TC), and fecal coliforms (FC) were enumerated while *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, and fecal streptococci were isolated and then subjected to the antibiotic susceptibility test in the microbiology laboratory of IRAD. **Results:** The results of the physicochemical parameters show that the temperatures of the ponds ranged from 23.46±0.24 to 30.73±0.47, the pH from 6.90±0.05 to 8.43±0.40°C while the waters were all cloudy with turbidity values ranging from 11.90±0.83 to 479.00±1.52 NTU. Concerning bacteriological parameters, contamination rates ranged from 6.66% for *Staphylococcus aureus* to 42.22% for fecal streptococci. High rates of multidrug resistance were recorded for all different bacterial isolates: 93.75% for *Escherichia coli*, 87.5% for fecal streptococci, and 93.75% for *Staphylococcus aureus*. **Conclusion:** Given these results, the consumption of fish from these ponds would expose the population not only to bacterial contamination but also to multidrug-resistant strains. As a result, public awareness is necessary to prevent people from properly cooking fish from fish farms before consuming them.

Keywords: fish farms, antibiotic sensitivity, Vina Department, Cameroon.

1. INTRODUCTION

En Afrique tropicale humide et en particulier au Cameroun, le poisson est très largement consommé. Il constitue l'une des principales sources de protéine animale consommée par les populations [1]. La pisciculture représente la seule alternative pour combler le déficit en poissons et réduire le niveau des importations [2]. Cependant, de nombreuses maladies sont dues à une contamination du poisson par des micro-organismes pathogènes au cours de la phase de production primaire. Ces maladies entraînent des mortalités imprévisibles qui entravent la production dans les exploitations piscicoles [3]. Les agents antimicrobiens sont utilisés dans le traitement et la prévention des maladies des animaux d'élevage [4]. En outre, l'utilisation des agents antimicrobiens peut entraîner une résistance aux antibiotiques chez les bactéries pathogènes les rendant moins sensibles aux antibiotiques [3].

Les antibiotiques couramment utilisés pour le traitement des infections humaines sont également utilisés dans l'élevage des animaux, soit à des fins thérapeutiques, soit à des fins prophylactiques [3]. Ainsi, le grand risque potentiel pour la

santé liée à l'utilisation des agents antimicrobiens en aquaculture est le développement d'un réservoir des gènes de résistance transférables chez les bactéries aquatiques, à partir desquelles de tels gènes peuvent être disséminés par transfert horizontal des gènes à d'autres bactéries et atteindre finalement les agents pathogènes humains [5]. L'objectif général de cette étude a consisté à déterminer le profil de sensibilité aux antibiotiques des bactéries isolées des étangs piscicoles dans le Département de la Vina, Région de l'Adamaoua au Cameroun.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Site d'étude

Vina est un département du Cameroun situé dans la Région de l'Adamaoua. Son chef-lieu est Ngaoundéré. La superficie est de 17196 km². Sur le plan administratif, le Département de la Vina est divisé en 8 arrondissements : Mbé au nord, Martap à l'ouest, Nyambaka au sud, Belel à l'est, Ngan-ha au nord-est et enfin Ngaoundéré I^{er}, II^{ème}, III^{ème} au centre.

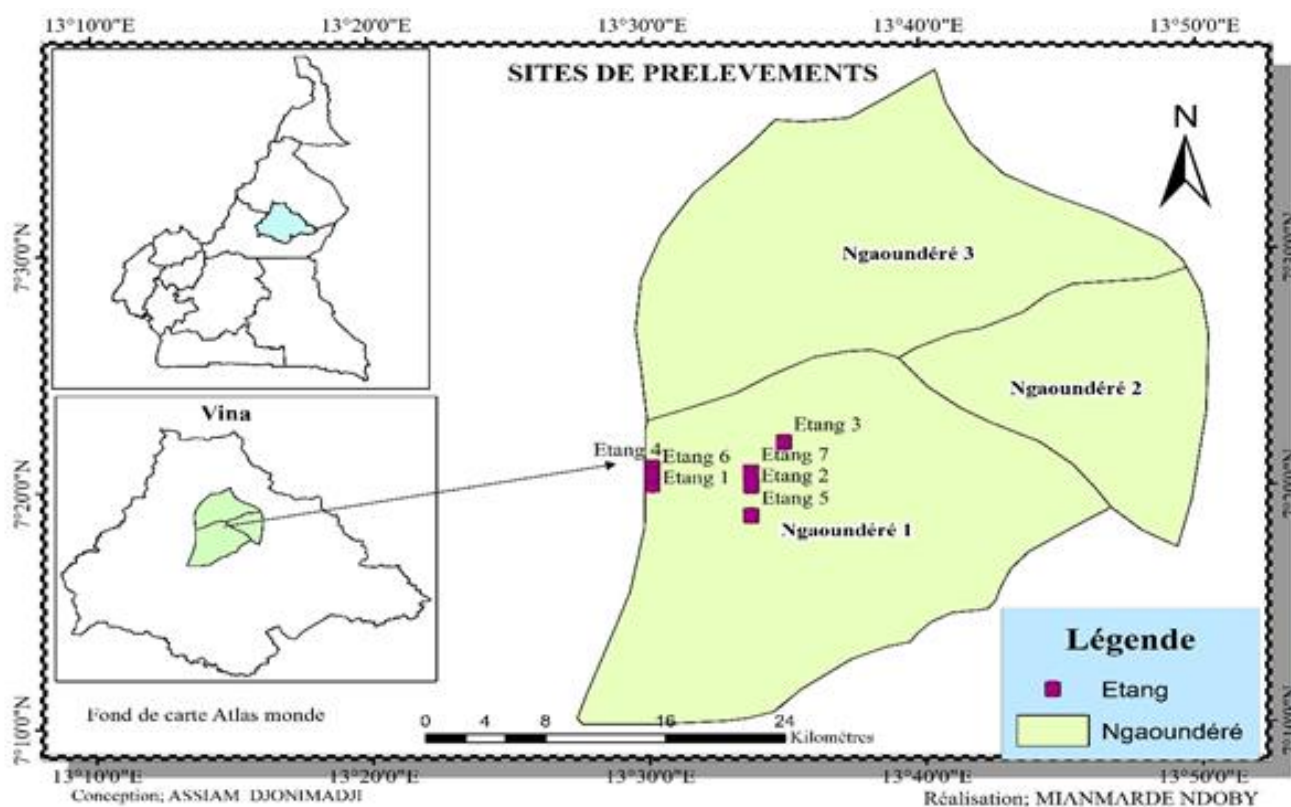


Figure 1 : Carte de la zone d'étude.

2.2. Echantillonnage

Les échantillons d'eau ont été prélevés dans les petites exploitations piscicoles commerciales du Département de Vina au Cameroun. Au total, 45 échantillons ont été effectués dans 15 étangs différents, soit 3 répétitions par étang. Sur chaque échantillon, ont été appliqués 9 traitements dont 3 paramètres physico-chimiques qui sont la température, la turbidité, le pH, et 6 paramètres bactériologiques composés d'une part de la flore aérobique mésophile totale (FAMT), de coliformes totaux (CT) et coliformes fécaux (CF) et d'autre part, d'*Escherichia coli*, de *Staphylococcus aureus* et de streptocoques fécaux.

Les échantillons ont été prélevés à 50 cm de profondeur dans de flacons en verre, d'une capacité de 60 mL, stérilisés par la chaleur à l'autoclave à 120 °C pendant 1 heure [6]. Les flacons contenant les échantillons d'eau prélevée ont été étiquetés. Une fiche d'identification de l'échantillon est aussi remplie par les renseignements nécessaires pour chaque point de collecte [7]. Les prélèvements ont été effectués dans les meilleures conditions de stérilisation [8]. Ils ont été ensuite acheminés au laboratoire de Microbiologie de l'IRAD de WAKWA à Ngaoundéré accompagnés d'une fiche de prélèvement portant tous les renseignements nécessaires pour les analyses.

2.3. Analyse des paramètres physico-chimiques

Les paramètres physiques tels que le pH, la température et la turbidité ont été analysés respectivement par un appareil pH Wag-We30020 qui affiche en même temps la valeur de la température du milieu et par un appareil de turbidité PCE-TUM 20 avec un grand écran imperméable à l'eau.

2.3. Analyse des paramètres bactériologiques

2.3.1. Méthode de la membrane filtrante

La technique de filtration sur membrane a consisté à faire passer un certain volume d'échantillon (dans notre étude 100 mL d'eau à analyser) à travers d'une membrane filtrante (par exemple une membrane Millipore de 47 mm de diamètre et dont la porosité moyenne est de 0,45 µm à 0,22 µm) sur laquelle sont retenus les microorganismes recherchés. Après filtration, la membrane est alors posée sur la surface d'un milieu gélosé spécifique du germe à rechercher, face portant les micro-organismes vers le haut. Après incubation, comme dans le cas de la numération en milieu gélosé, on compte les colonies formées à la surface du filtre [9].

2.3.2. Dénombrement des germes bactériens

Les germes bactériens, flore aérobie mésophile totale (FAMT), les coliformes totaux, coliformes fécaux ont été dénombrés respectivement par les normes : ISO 6222 2007, ISO 9308-1 2007, ISO9308-1 2007.

2.3.3. Isolement des germes bactériens

2.3.3.1. Isolement d'*Escherichia coli* à la glucuronidase positive

Les milieux déshydratés de la gélose m-fc Agar et m-endo agar LES ont été fondus pendant le minimum de temps nécessaire à leur reliquification totale, refroidis et maintenus de 44-47°C, puis ensemencés par la solution de dilution à 10^{-9} et 10^{-10} . L'incubation a été faite à 37°C pendant 18 à 24 heures. Par la suite, 5 colonies caractéristiques ont alors été prélevées et ensemencées de nouveau sur gélose m-fc Agar et m-endo agar LES en vue de la purification. Les colonies obtenues ont été confirmées par les tests biochimiques grâce d'abord à la gélose en pente de Kligler-Hajna puis aux galeries® API 20E (Bio-Mérieux).

2.3.3.2. Isolement de *Staphylococcus aureus* à la coagulase positive

Le milieu utilisé est le m-endo Agar LES avec une période d'incubation à 37°C pendant 24 h ± 2 h. Les colonies caractéristiques sont confirmées par les tests de catalase et coloration de Gram. A la surface des boîtes pré-coulées ramenées préalablement à une température ambiante, il est transféré 0,1 mL de solution de dilution à 10^{-2} suivi d'une homogénéisation en secouant légèrement la boîte de pétri. L'incubation a été réalisée à 37 °C pendant 24 h±2 h et prolongée de 24 h±2 h supplémentaires.

2.3.3.3. Isolement de streptocoques fécaux

Le milieu Bile Esculentis Agar (BEA) a été utilisé pour le dénombrement des streptocoques. L'opération consiste à refroidir et maintenir le milieu à 48°C, à couler en boîtes de pétri stériles, à laisser solidifier sur une surface froide, à faire sécher les boîtes à l'étuve, couvercle entrouvert puis à l'aide d'une anse prélever la solution et faire des stries. L'incubation a été faite à 37°C pendant 24 h±2 et en suite procéder à la lecture (les colonies de *Streptococcus* sont translucides avec un halo très net). Les colonies caractéristiques des *Streptococcus* ont été isolées dans un flacon contenant de la l'eau peptonée tamponnée.

2.3.3.4. Antibiogramme

L'antibiogramme a été réalisé selon la méthode de diffusion en milieu gélosé Mueller- Hinton, pour 16 disques d'antibiotiques (BIORAD), telle que proposée dans les recommandations du Comité de l'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie [10]. Cette étude a été réalisée sur les isolats d'*Escherichia coli*, de *Staphylococcus aureus* et de streptocoques fécaux.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Paramètres physico-chimiques des échantillons d'eau des étangs

L'analyse des données du tableau I montre que les eaux des étangs piscicoles du département de la Vina ont une plage de température entre 23,46±0,24 à 30,73±0,47 °C. Les températures des étangs 3 (23,87±0,25), 5 (24,11±0,11) et 6 (23,46±0,24) sont plus basse. Les résultats obtenus sont similaires à ceux de Toule et al., (2017) [11] en Côte-d'Ivoire qui ont enregistré une plage de températures allant de 28,2 à 30,1 °C. Selon Lwamba et al., (2015) [12], la variation de la température des eaux de surface est étroitement liée au rayonnement solaire. Toutefois, les valeurs de la température (23,46 - 30,73 °C) des étangs sont comprises dans la gamme tolérable pour *O. niloticus* dont les valeurs extrêmes tolérables sont de 7- 41°C pour la température [13,14]. La valeur de pH de l'eau affecte les propriétés physique, chimique et bactériologique. L'eau acide peut mobiliser certains métaux du sol et des systèmes de plomberie, augmenter leur biodisponibilité et modifier leur toxicité [15].

Les résultats de la turbidité (tableau I) montrent que les eaux sont toutes troubles avec des valeurs allant de $11,90 \pm 0,83$ NTU pour l'étang 10 à $479,00 \pm 1,527$ NTU pour l'étang 7. Cet aspect trouble des eaux des étangs serait lié à la dissolution des matières organiques et au remous suite aux mouvements des espèces piscicoles. En ce qui concerne le pH, les résultats (tableau I) varient entre $6,9 \pm 0,05$ à $8,43 \pm 0,40$. La plupart des eaux des étangs présentent des pH légèrement basiques. Ces résultats diffèrent de ceux de Safiatou et al., (2019) [16] en Côte-d'Ivoire qui ont montré que les eaux des étangs étaient acides ($6,58 - 6,89$), mais corroborent avec ceux de Toule et al., (2017) [11] en Côte-d'Ivoire qui ont enregistré des pH alcalins ($7,8-8,5$) pendant la saison sèche et des pH par moment acides ($5,4-5,7$) ou basiques ($7,6$) pendant les saisons de pluies et des crues. Toutefois, les valeurs du pH ($6,90 - 8,43$) des étangs sont comprises dans la gamme tolérable pour *O. niloticus* dont les valeurs extrêmes tolérables sont de 5-11 pour le pH [13,14]. Le pH résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acidité carbonique. Il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates [17].

Tableau 1 : Paramètres physico-chimiques des échantillons d'eau des étangs

Etangs	Température (°C)	Turbidité (NTU)	P H
Etang 1	$29,63 \pm 0,52^{ab}$	$18,47 \pm 1,60^d$	$7,27 \pm 0,42^{ef}$
Etang 2	$27,41 \pm 0,27^c$	$275,00 \pm 1,52^c$	$6,90 \pm 0,05^f$
Etang 3	$23,87 \pm 0,25^e$	$18,37 \pm 0,19^d$	$7,73 \pm 0,15^{cd}$
Etang 4	$27,94 \pm 0,85^c$	$17,10 \pm 0,67^d$	$7,78 \pm 0,14^{cd}$
Etang 5	$24,11 \pm 0,11^{de}$	$73,32 \pm 1,14^d$	$7,13 \pm 0,01^{ef}$
Etang 6	$23,46 \pm 0,24^e$	$14,42 \pm 1,34^d$	$7,13 \pm 0,15^{ef}$
Etang 7	$28,37 \pm 0,77^{bc}$	$479,00 \pm 1,52^a$	$8,32 \pm 0,28^{ab}$
Etang 8	$29,50 \pm 0,54^{ab}$	$61,80 \pm 1,45^d$	$8,01 \pm 0,34^{abc}$
Etang 9	$28,47 \pm 0,49^{bc}$	$12,56 \pm 1,11^d$	$7,51 \pm 0,02^{de}$
Etang 10	$25,44 \pm 0,46^d$	$11,90 \pm 0,83^d$	$7,24 \pm 0,13^{ef}$
Etang 11	$27,37 \pm 0,25^c$	$376,11 \pm 0,84^b$	$8,43 \pm 0,40^a$
Etang 12	$27,68 \pm 0,31^c$	$30,14 \pm 1,38^d$	$8,40 \pm 0,45^{ab}$
Etang 13	$30,62 \pm 0,68^a$	$57,59 \pm 1,55^d$	$8,09 \pm 0,06^{abc}$
Etang 14	$27,17 \pm 0,30^c$	$37,47 \pm 1,00^d$	$8,08 \pm 0,03^{abc}$
Etang 15	$30,73 \pm 0,47^a$	$57,51 \pm 1,20^d$	$7,96 \pm 0,02^{bc}$

3.2. Charge microbienne des échantillons d'eau des étangs

Les résultats du tableau 2 montrent que toutes les eaux contiennent la flore aérobie mésophile totale (FAMT), les coliformes totaux (CT) et les coliformes fécaux (CF). D'une manière générale, les taux de contamination en ces différentes souches bactériennes restent faibles. Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par [18] qui ont montré que les eaux analysées présentent des concentrations élevées en germes de contamination fécale dans tous les points de prélèvement sans exception. Pour la flore aérobie mésophile totale, les valeurs de $12,16 \pm 0,22$ à $43,22 \pm 0,00$ log₁₀ufc/mL sont obtenues dans les étangs. L'élévation de la charge bactérienne est liée aux températures des étangs qui sont proches des températures optimales de la croissance de nombreux systèmes naturels des bactéries mésophiles. La charge bactérienne observée dans l'eau pourrait être le résultat de l'effet d'activités anthropiques à l'endroit où les étangs sont situés [19]. La numération des germes aérobies mésophiles ou germes totaux vise à estimer la densité de la population bactérienne générale dans l'eau potable. Elle se réalise à deux températures différentes afin de cibler à la fois les microorganismes à tendance psychrophile soit à 20 °C et ceux franchement mésophile soit à 37 °C. Elle permet ainsi une appréciation globale de la salubrité générale d'une eau, sans toutefois déterminer les sources de contamination [20].

En ce qui concerne les coliformes totaux, les valeurs de $1,05 \pm 0,04$ log₁₀ufc/100mL et de $3,66 \pm 0,07$ log₁₀ufc/100mL ont été obtenues respectivement dans les étangs 5 et 15. Les valeurs significativement identiques ($p < 0,0001$) sont enregistrées entre les étangs 1 ($3,41 \pm 0,35$), 3 ($3,70 \pm 0,52$), 8 ($3,31 \pm 0,20$), 11 ($3,54 \pm 0,29$), 12 ($3,37 \pm 0,04$) et 15 ($3,66 \pm 0,07$). Toutefois, il existe des différences significatives au seuil de 0,05% entre les valeurs des étangs 1 ($3,41 \pm 0,35$), 5 ($1,05 \pm 0,04$). Les coliformes fécaux du tableau 2 montrent des valeurs allant de $1,79 \pm 0,29$ log₁₀ufc/100mL pour l'eau de l'étang 2 à $3,54 \pm 0,06$ log₁₀ufc/100mL pour l'étang 15. La valeur de l'étang 9 ($2,79 \pm 0,07$) diffère significativement des valeurs des eaux des étangs 1 ($3,37 \pm 0,25$), 11 ($3,39 \pm 0,24$), 12 ($3,16 \pm 0,01$) et 15 ($3,54 \pm 0,06$). Les coliformes fécaux isolés étaient une indication de la contamination de l'eau par des matières fécales. La fertilisation des étangs avec des fumiers animaux représente un risque d'introduction de substances potentiellement pathogènes et des bactéries résistantes dans l'étang [19]. Il a été démontré que les excréments d'animaux contiennent une pléthore de bactéries potentiellement dangereuses, dont certaines sont résistantes aux antibiotiques de choix utilisés dans le traitement des humains et des animaux malades [21]. La fertilisation des étangs avec des fumiers animaux représente un risque d'introduction de substances potentiellement pathogènes et des bactéries résistantes dans l'étang [19].

Tableau 2 : Charge microbienne.

Etangs	FAMT (log ₁₀ ufc/ml)	CT (log ₁₀ ufc/100ml)	CF (log ₁₀ ufc/100ml)
Etang 1	12,81±0,08 ^b	3,41±0,35 ^a	3,37±0,25 ^a
Etang 2	12,70±0,51 ^b	2,89±0,79 ^{ab}	1,79±0,29 ^{ab}
Etang 3	43,22±0,00 ^a	3,70±0,52 ^a	1,95±0,65 ^{ab}
Etang 4	12,95±0,18 ^b	2,11±0,17 ^{ab}	2,14±0,37 ^{ab}
Etang 5	12,92±0,22 ^b	1,05±0,04 ^b	2,97±0,53 ^{ab}
Etang 6	12,42±0,33 ^b	2,11±0,17 ^{ab}	2,65±0,45 ^{ab}
Etang 7	12,66±0,49 ^b	3,03±0,29 ^{ab}	1,95±0,12 ^{ab}
Etang 8	12,53±0,27 ^b	3,31±0,20 ^a	3,01±0,27 ^{ab}
Etang 9	12,76±0,17 ^b	1,98±0,11 ^{ab}	2,79±0,07 ^b
Etang 10	12,36±0,27 ^b	2,29±0,23 ^{ab}	2,06±0,05 ^{ab}
Etang 11	12,45±0,29 ^b	3,54±0,29 ^a	3,39±0,24 ^a
Etang 12	12,41±0,10 ^b	3,37±0,04 ^a	3,16±0,01 ^a
Etang 13	12,16±0,22 ^b	3,20±0,19 ^{ab}	3,13±0,15 ^{ab}
Etang 14	12,44±0,48 ^b	2,94±0,45 ^{ab}	1,97±0,12 ^{ab}
Etang 15	12,34±0,18 ^b	3,66±0,07 ^a	3,54±0,06 ^a

3.3. Taux de contamination bactérienne des échantillons d'eau des étangs

Le tableau 3 ci-dessous montre le taux de contamination des bactéries isolées des étangs piscicoles dans le département de la Vina. Il ressort de ce tableau que sur les 45 échantillons prélevés, 6 contiennent la bactérie *Escherichia coli* soit 13,33%, 19 les streptocoques fécaux soit 42,22%, et 10 les *Staphylococcus aureus* soit 22,22%. Il est aussi à remarquer que les taux de contamination des bactéries isolées sont faibles. Cela s'expliquerait par l'utilisation des substances à effets bactéricides dans les eaux des étangs. Un étude au Nigeria [22] a révélé que les entérobactéries étaient dominantes. Ils ont aussi relevé que la présence de ces bactéries dans les étangs piscicoles constitue une menace pour la santé de l'homme et des poissons.

Tableau 3 : Taux de contamination des bactéries isolées

Germes	Echantillons testés	Echantillons positifs	Pourcentages (%)
<i>Escherichia coli</i>	45	6	13,33
Streptocoques fécaux	45	19	42,22
<i>Staphylococcus aureus</i>	45	10	22,22
Valeur de P			<0,0001

3.4.1. Prévalence de la résistance d'*Escherichia coli*

Le Tableau 4 résume les prévalences de résistance des souches d'*Escherichia coli* aux antibiotiques testés. Il y a une très bonne sensibilité des souches d'*Escherichia coli* (100%) vis-à-vis d'un seul antibiotique sur les 16 testés : la Lévofoxacine. Une sensibilité moyenne (33,33%) a été observée avec 2 antibiotiques dont l'Amoxicilline + acide clavulanique et le Ceftriazone. Une autre étude [23] a rapporté une sensibilité de 100% vis-à-vis d'Amoxicilline + acide clavulanique et de Ceftriazone dans sur *E. coli* sur les bactéries isolées dans les urines à l'hôpital Nianakoro Fomba de Segou. *E. coli* est considérée comme germe dominant de la flore intestinale des animaux à sangs chauds et en particulier les humains, et représente 1 % de la biomasse microbienne [20]. Les prévalences de résistance les plus élevées ont, par contre, été observées avec l'Amphotéricine, l'Erythromycine, la Céfotaxime, la Céfépime, la Cloxacilline, la Pénicilline G, l'Ampicilline, l'Oxacilline, la Cefixime, le Triméthoprime, le Chloramphénicol et la Gentamycine.

Tableau 4 : Prévalence de résistance des souches d'*Escherichia coli*

Familles d'antibiotiques	Antibiotiques	Sensible (%)	Résistance (%)
β-Lactamine (Pénicillines)	Amoxicilline + acide clavulanique	2 (33,33) ^c	4 (66,67) ^b
	Amoxicilline	0 (0) ^a	6 (100) ^d
	Ampicilline	0 (0) ^a	6 (100) ^d
	Oxacilline	0 (0) ^a	6 (100) ^d
	Pénicilline G	0 (0) ^a	6 (100) ^d
β-Lactamine (Céphalosporines)	Cloxacilline	0 (0) ^a	6 (100) ^d
	Ceftriazone	2 (33,33) ^c	4 (66,67) ^b
	Céfépime	0 (0) ^a	6 (100) ^d
	Céfixime	0 (0) ^a	6 (100) ^d
Phénicolés	Céfotaxime	0 (0) ^a	6 (100) ^d
	Chloramphénicol	1 (16,67) ^b	5 (83,33) ^c
	Lévofoxacine	100 (100) ^d	0 (0) ^a
Quinolones	Gentamycine	0 (0) ^a	6 (100) ^d
Aminosides	Erythromycine	0 (0) ^a	6 (100) ^d
Macrolides	Amphotéricine	0 (0) ^a	6 (100) ^d
	Triméthoprime	0 (0) ^a	6 (100) ^d

3.4.2. Prévalence de la résistance des souches de streptocoques fécaux

Une très bonne sensibilité a été observée vis-à-vis de la lévofloxacine (100%), de la gentamicine (100%) et de la ceftriaxone (58,33%). Une sensibilité moyenne a été constatée avec le chloramphénicol (31,57%). Une autre étude [23] a révélé une sensibilité de 100% avec l'amoxicilline + acide clavulanique, de 100% avec l'amoxicilline, de 81% avec la pénicilline G et de 64,5% avec l'érythromycine. De même, une sensibilité de 100% a été constatée pour l'amoxicilline, l'amoxicilline + acide clavulanique, la teicoplanine et la vancomycine. Abdourhamane (1984) [25] a remarqué une résistance de 74% pour l'amoxicilline, mais 50% des souches étaient sensibles à l'amoxicilline dans l'étude sur les urocultures réalisées à Abidjan.

En ce qui concerne la résistance des souches de streptocoques fécaux (Tableau 5), les prévalences de résistance les plus élevées ont été observées avec l'amoxicilline (100%), l'ampicilline (100%), l'oxacilline (100%), la cloxacilline (100%), la céfotaxime (100%), le cefixime (100%), la céfépime (100%), l'amphotéricine (100%), le triméthoprime (100%), l'érythromycine (89,47%), la pénicilline G (84,21%) et l'amoxicilline + acide clavulanique (58,42%).

Tableau 5 : Prévalence de résistance des souches de streptocoques fécaux

Familles d'antibiotiques	Antibiotiques	Sensible (%)	Résistance (%)
β-Lactamine (Pénicillines)	Amoxicilline +acide clavulanique	5 (26,32) ^d	14 (68,42) ^b
	Amoxicilline	0 (0) ^a	19 (100) ^d
	Ampicilline	0 (0) ^a	19 (100) ^d
	Oxacilline	0 (0) ^a	19 (100) ^d
	Pénicilline G	3 (15,79) ^c	16 (84,21) ^c
	Cloxacilline	0 (0) ^a	19 (100) ^d
	β-Lactamine (Céphalosporines)	Ceftriaxone	7 (58,33) ^f
Céfépime		0 (0) ^a	19 (100) ^d
Céfixime		0 (0) ^a	19 (100) ^d
Céfotaxime		0 (0) ^a	19 (100) ^d
Phénicolés	Chloramphénicol	6 (31,57) ^e	13 (68,43) ^b
Quinolones	Lévofloxacine	19 (100) ⁱ	0 (0) ^a
Aminosides	Gentamycine	19 (100) ⁱ	0 (0) ^a
Macrolides	Erythromycine	2 (10,52) ^b	17(89,48) ^c
	Amphotéricine	0 (0) ^a	19 (100) ^d
Diaminopyrimidines	Triméthoprime	0 (0) ^a	19 (100) ^d
Valeur de p		<0,0001	<0,0001

3.4.3. Prévalence de la résistance des souches de *Staphylococcus aureus*

L'analyse du Tableau VI montre qu'il existe une très bonne sensibilité des souches de *Staphylococcus aureus* (80%) vis-à-vis d'un seul antibiotique sur les 16 testés : la Gentamycine. Selon Coulibaly (2021) [23] la sensibilité de *Staphylococcus aureus* a été observée (94 %) avec Erythromycine dans les urines des patients. Une sensibilité moyenne à faible a été observée avec 7 antibiotiques dont le Chloramphénicol (50%), la Norfloxacine (50%), le Ceftriazone (30%), l'Amoxicilline + acide clavulanique (20%), l'Amoxicilline (10%), l'Erythromycine (10%) et le Triméthoprime (10%).

Les taux de résistance les plus élevés ont, par contre, été observés avec l'Amphotéricine, la Céfotaxime, la Céfépime, la Cloxacilline, la Pénicilline G, l'Ampicilline, la Spiramycine et l'Oxacilline.

Les résultats obtenus dans cette étude révèlent que seulement 3 antibiotiques (Lévofloxacine, Chloramphénicol et Gentamycine) sur les seize (16) testés ont respectivement montré une sensibilité de 60%, de 40% et de 40% aux isolats bactériens. Le niveau relativement élevé de résistance aux agents antimicrobiens est le reflet d'une mauvaise utilisation ou d'un abus de ces agents dans l'environnement [26]. Tous les isolats bactériens sont résistants à toutes les β- Lactamine. Les résultats obtenus sont similaires à ceux obtenus par Njoku et al., (2015) [3] au Nigéria. La résistance des isolats bactériens à l'Erythromycine, à la Cloxacilline et à l'Amoxicilline + Acide clavulanique dans cette étude a également été rapportée par Njoku et al., (2015) [3].

Globalement, les bactéries isolées sont sensibles au chloramphénicol, à la Lévofloxacine et à la Gentamicine. La pression de sélection exercée par ces antibiotiques serait plus faible, la probabilité d'apparition de la résistance est moindre. L'usage raisonné de cette molécule serait lié à ce faible taux de résistance. Par conséquent, il est suggéré que ces molécules devraient être les antibiotiques de choix dans la lutte contre les maladies associées à la consommation de poisson et des produits de poisson [3].

En effet, le phénomène de résistance en élevage est aggravé par le fait que très souvent, les éleveurs mélangent des antibiotiques avec les aliments comme produit adjuvant, et ceci sans aucune règle, ni aucun contrôle [27]. La conséquence est la sélection de nombreuses souches résistantes d'emblée à plusieurs familles d'antibiotiques qui peuvent contaminer les animaux et l'homme et rendre difficiles, voire impossibles, tous traitements par les antibiotiques [28,29]. Le taux élevé de bactéries résistantes aux antibiotiques provenant des étangs piscicoles constitue une menace pour la santé publique à cause du risque de transfert des gènes de résistance des bactéries d'origine animale aux bactéries humaines.

Tableau 5 : Prévalence de résistance des souches de *Staphylococcus aureus*.

Familles d'antibiotiques	Antibiotiques	Sensible (%)	Résistance (%)
β-Lactamine (Pénicillines)	Amoxicilline + acide clavulanique	2 (20) ^{ab}	8 (80) ^c
	Amoxicilline	1 (10) ^b	9 (90) ^d
	Ampicilline	0 (0) ^a	10 (100) ^e
	Oxacilline	0 (0) ^a	10 (100) ^e
	Pénicilline G	0 (0) ^a	10 (100) ^e
	Cloxacilline	0 (0) ^a	10 (100) ^e
	β-Lactamine (Céphalosporines)	Ceftriaxone	3 (30) ^c
	Céfépime	0 (0) ^a	10 (100) ^e
	Céfotaxime	0 (0) ^a	10 (100) ^e
Phénicolés	Chloramphénicol	5 (50) ^d	5 (50) ^b
Quinolones	Norfloxacine	5 (50) ^d	5 (50) ^b
Aminosides	Gentamycine	8 (80) ^e	2 (20) ^a
Macrolides	Erythromycine	1 (10) ^b	9 (90) ^d
	Amphotéricine	0 (0) ^a	10 (100) ^e
	Spiramycine	0 (0) ^a	10 (100) ^e
Diaminopyrimidines	Triméthoprime	1 (10) ^b	9 (90) ^d
	Valeur de P	<0,0001	<0,0001

4. CONCLUSION

Au terme de ce travail, la qualité des eaux des petites exploitations piscicoles commerciales du Département de Vin au Cameroun demeure une préoccupation majeure pour la santé de la population. En dépit des valeurs des paramètres physico-chimiques analysés qui se situent dans la plage optimale nécessaire pour la pisciculture africaine, la présence de microorganismes pathogènes peut entraîner la transmission des maladies d'origine hydrique, les intoxications alimentaires et la gastro-entérite chez l'homme. Souvent, la principale voie de la transmission de la maladie est la consommation des poissons cultivés dans les étangs mal cuits. A cela s'ajoutent les forts taux de résistance et de multirésistance des isolats bactériens. Sur les seize (16) antibiotiques testés, seulement 3 en occurrence la Lévofloxacine, le Chloramphénicol et la Gentamycine ont montré leur sensibilité respectivement de 60%, de 40% et de 40% sur les isolats bactériens. Par ailleurs, l'utilisation des antimicrobiens dans les étangs piscicoles peut non seulement aggraver la résistance des bactéries pathogènes aux antibiotiques, mais également augmenter la probabilité que des gènes de résistance soient transférés à des bactéries commensales, favorisant ainsi la résistance multiple aux antibiotiques. De ce fait, cette pratique peut constituer une menace pour la santé publique à cause du risque de transfert des gènes de résistance des bactéries d'origine animale aux bactéries d'origine humaine.

4. REFERENCES

- [1] **Tambi N. E.** Analysis of household attitudes toward the purchase of livestock products and fish in Cameroon. *Agric Econ.* 2001; 26: 135-47.
- [2] **FAO.** The State of World Fisheries and Aquaculture Roma: FAO Fisheries Department, 2006; 162 p.
- [3] **Njoku I. O. E., Agwa O. K., Ibiene A. A.** Antibiotic Susceptibility Profile of Bacteria Isolates from Some Fishponds in Niger Delta Region of Nigeria. *British Microbiology Research Journal*, 2015; 7(4): 167-173.
- [4] **Bischoff K. M., White D. A., Hume M. E., Poole T. L., Nisbet D. J.** The chloramphenicol resistance gene CM/A is disseminated on transferable plasmids that confer multiple drug resistance in swine *Escherichia coli*. *FEMS Microbiology Letters*. 2005; 243: 285-291.
- [5] **FAO/OIE/WHO.** Antimicrobial Use in Aquaculture and Antimicrobial Resistance. Report of a joint FAO/OIE/WHO Expert Consultation on Antimicrobial Use in Aquaculture and Antimicrobial Resistance Seoul, Republic of Korea, 2006; 97 p.
- [6] **Rodier J., Legube B., Merlet N.** L'analyse de l'eau. 9ème édition. Dunod, Paris, 2009; 1526 p.
- [7] **Larpent, J.** Microbiologie alimentaire Technique de laboratoire. Ed. Technique et documentation-Lavoisier, Paris, 1997; 1073 p.
- [8] **Reggam A.** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique et physico-chimique des eaux d'Oued Seybouse. Thèse de Doctorat. Université 8 Mai 1945, Guelma. 2015; 174 p.
- [9] **Cuq, J. L.** Microbiologie Alimentaire control microbiologique des aliments, Edition Sciences et Techniques du Languedoc, Université de Montpellier 2, Département de Sciences et Technologie des Industries Alimentaires, Montpellier, France. 2007; 150 p.
- [10] **CA-SFM/EUCAST.** Recommandations. Version 1.0 janvier 2015, 2016; 117 p.
- [11] **Toule A. C., Adingra A. A., kouadio-N'gbesso N., kambire O., koffi-Nevry R., koussemon M.** Caractérisations physico-chimiques et bactériologiques des eaux des stations aquacoles de Layo et de Jacqueville (Lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 2017; 11 (6) : 2842-2855.

- [12] **Lwamba B. J., Katim Mama Kiwaya A. T., Ipungu L. R., Nyongombe U. N.** Variations de la température de l'eau des étangs en période froide à Lubumbashi (R. D. Congo) et implications pour la production des poissons. *J. Appl. Biosci.* 2015; 90: 8429-8437. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v90i1.5>.
- [13] **Plisnier P. D., Micha J. C., Frank V.** Biologie et exploitation des poissons du lac Ihema (Bassin de l'Akagera, Rwanda). Presses Universitaires de Namur, Namur, Belgique, 1988 ; 212 p.
- [14] **Rakotovo R. J. N.** Valorisation des tilapias en charcuterie : fabrication semi-industrielle de saucisses à base de tilapias. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome option Industries Agricoles et Alimentaires. Université d'Antananarivo, Madagascar, 2004 ; 161 p.
- [15] **Bensalah Y., Benzitoun R.** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines brutes dans la wilaya de Constantine. Mémoire de Master, Université des Frères Mentouri Constantine, 2021 ; 115 p.
- [16] **Safiatou C., Kouamé N'goran V., Boua Atsé C.** Etude Comparative de la Qualité des Eaux des Etangs et du Barrage d'une Ferme Piscicole en Etang au Sud-Est de la Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal.* 2019;15(24): 42-58. Doi:10.19044/esj.2019.v15n24p42.
- [17] **Makhouk M.** Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya, Maroc. 2011 ; p 46.
- [18] **Kaour W., Khabatti D., Loucif I.** Évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux utilisées ité 8 MAI 1945 Guelma, 2022 ; 116 p.
- [19] **Claudious G., Tinashe C. H., Mbonjani B., Majonga O., Marumure J., Musari S., Jongi G., Makaya P. V., Machakwa J.** Antimicrobial Profiling of Bacteria Isolated from Fish Sold at Informal Market in Mufakose, Zimbabwe. *International Journal of Microbiology.* 2019 ; 1-7.
- [20] **Ayed W.** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'El-Harrouche Thèse de doctorat en Sciences. Université 20 Août, Skikda, 2016 ; 156 p.
- [21] **Liberto M. C., Matera G., Quirino A.** "Phenotypic and genotypic evaluation of slime production by conventional and molecular microbiological techniques," *Microbiological Research*, 2009 ; 164 (5) : 522-528.
- [22] **Adebami G. E., Adebayo-Tayo, B. C.** Development of cellulolytic strain by genetic engineering approach for enhanced cellulase production. In Genetic and metabolic engineering for improved biofuel production from lignocellulosic biomass 2020 ; 103-136. Amsterdam, Netherland : *Elsevier*. Doi : <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817953-6.00008-7>.
- [23] **Coulibaly T.** Sensibilité aux antibiotiques des bacteries isolees des urines à l'hôpital Nianakoro Fomba de Segou. Thèse de Diplôme d'Etat en Pharmacie. Université des Sciences des Techniques et des Technologies de Bamako, 2021 ; 78 p.
- [24] **François B.** Contribution à l'étude de l'infection urinaire au cours de la grossesse : étude prospective du 1er janvier 2001 au 31 août 2001 au service de gynécologie obstétrique du CHU de Treichville [thèse]. Abidjan : Université de Treichville, 2003.
- [25] **Abdourhamane S.** Etudes sur les urocultures réalisées à Abidjan de 1978 à 1982 : les germes rencontrés et leur sensibilité aux antibiotiques. Thèse. Université de Treichville, 1984.
- [26] **Adedeji OB, Onwenefah M.** The antibiotic resistant patterns of bacterial flora of cultured catfish fed with poultry hatchery waste from selected farms in Ibadan, Nigeria. *Researcher.* 2013 ; 5 (9): 37-43.
- [27] **Ungemach F. R., Müller-Bahr dt D., Abraham G.** Guidelines for prudent use of antimicrobials and their implications on antibiotic usage in veterinary medicine. *Int. J. Med. Microbiol.*, 2006 ; 296 (S2), 33-38. doi:10.1016/j.ijmm.2006.01.05.
- [28] **Guerin J, Boissieu C.** Les colibacilloses ou infections à *Escherichia coli*, Avi campus, 2008 ; 3 p.
- [29] **Chauvin C.** Usage des antibiotiques et résistance bactérienne en élevage de volailles (Thèse de doctorat), Université Rennes I, 2009 ; 25 p.



How to cite this article: Mushfiq Us Salehin, Ishrak Amin Joarder, et Sheikh Walid Hasan. ADOPTION OF ELECTRIC VEHICLES AND RENEWABLE ENERGY CHARGING SYSTEMS IN BANGLADESH: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023;17(6): 53-60. DOI : [10.5281/zenodo.10358516](https://doi.org/10.5281/zenodo.10358516)

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

EVALUATION DE LA VULNERABILITE DES SOLS A L'EROSION HYDRIQUE DANS LA COMMUNE RURALE DE KARIMAMA, NORD BENIN

ASSESSMENT OF SOIL VULNERABILITY TO WATER EROSION IN THE RURAL COMMUNE OF KARIMAMA, NORTHERN BENIN

| Hervé Dègla KOU MASSI ^{1,2*} | et | Judith Eric Georges YETONGNON ^{2,3} |

¹Institut du Cadre de Vie de Université d'Abomey-Calavi, République du Bénin (ICaV/ UAC)

²Laboratoire Pierre Pagny | Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement (LACEEDE) | Université d'Abomey Calavi, B.P 526, Cotonou | République du Bénin |

³Institut National de l'Eau (INE)



| DOI: 10.5281/zenodo.10251091 | | Received October 20, 2023 | | Accepted November 27, 2023 | | Published November 03, 2023 | | ID Article | Hervé-Ref1-5-17ajiras201123 |

RESUME

Introduction : L'érosion hydrique est un problème environnemental majeur et le premier facteur de dégradation des sols dans la Commune de Karimama. **Objectif :** L'objectif est d'analyser la vulnérabilité des sols à l'érosion hydrique dans la Commune de Karimama. **Méthodes :** L'approche méthodologique a consisté à étudier les facteurs influençant l'érosion (pente, couverture végétale, érosivité des pluies, érodibilité des sols), à les cartographier, puis à les combiner dans le modèle RUSLE pour estimer les pertes en sol. L'évolution de l'occupation du sol de 1990 à 2017 a également été analysée. **Résultats :** La carte de vulnérabilité montre une faible vulnérabilité (-591 à -161 t/ha/an) sur 35,85% du territoire et une très forte vulnérabilité (485 à 6126 t/ha/an) sur 7,79%. L'analyse diachronique révèle une augmentation des sols nus et agglomérations (+3 à +6%) et des savanes (+9 à +4%), ainsi qu'une diminution des forêts et savanes boisées (-12 à -21%). **Conclusion :** L'étude met en évidence différents niveaux de vulnérabilité des sols à l'érosion dans la Commune, ainsi qu'une évolution défavorable de l'occupation du sol accentuant ce phénomène. Des actions de lutte contre l'érosion hydrique s'avèrent nécessaires.

Mots-clés : érosion hydrique, vulnérabilité, RUSLE, occupation du sol, Karimama.

ABSTRACT

Introduction: Water erosion is a major environmental problem and the primary factor contributing to soil degradation in the Municipality of Karimama. **Objective:** The objective is to analyze the vulnerability of soils to water erosion in the Municipality of Karimama. **Methods:** The methodological approach involved studying factors influencing erosion (slope, vegetation cover, rainfall erosivity, soil erodibility), mapping them, and then combining them in the RUSLE model to estimate soil losses. The land use change from 1990 to 2017 was also analyzed. **Results:** The vulnerability map shows low vulnerability (-591 to -161 t/ha/year) on 35.85% of the territory and very high vulnerability (485 to 6126 t/ha/year) on 7.79%. Diachronic analysis reveals an increase in bare soils and settlements (+3 to +6%) and savannas (+9 to +4%), as well as a decrease in forests and wooded savannas (-12 to -21%). **Conclusion:** The study highlights different levels of soil vulnerability to erosion in the Municipality, along with an unfavorable evolution of land use exacerbating this phenomenon. Actions to combat water erosion are necessary.

Key words: Water erosion, RUSLE, vulnerability, land use, Karimama.

1. INTRODUCTION

Les terres cultivables sont en diminution à un rythme d'environ 5 à 10 millions d'ha par an, et ceci pendant une période de croissance démographique globale [1]. La dégradation des terres, qui concerne actuellement 1,9 milliard d'hectares de terre dans le monde, soit près de 65 % des ressources mondiales en sols, est due à 85 % à l'érosion des sols, qui en est le facteur principal. Près de 1,5 milliard de personnes, soit un quart de la population mondiale, dépendent directement de la nourriture produite à partir de terres dégradées. Plus de 36 milliards de tonnes de terres fertiles sont perdues chaque année par les systèmes agricoles dans le monde en raison de l'érosion des sols [2]. La dégradation des sols est une préoccupation écologique dont les conséquences sont ressenties le plus fortement par les populations pauvres des pays en voie de développement. La croissance démographique et l'augmentation du niveau de vie ont induit à une demande de plus en plus importante en produits alimentaires, en eau et en habitat. Cette demande progressive, où les besoins des populations dépassent souvent la production des écosystèmes, a poussé l'homme à utiliser des pratiques inappropriées qui ont bouleversé les équilibres naturels et ont induit à une érosion accélérée. Cette dernière touche chaque année de plus en plus de terre, réduisant leur capacité de production en devenant parfois totalement stériles [3]. Les principales causes de dégradation des sols sont anthropiques : agriculture intensive, déforestation, surpâturage, pollution industrielle, irrigation... Et cette dégradation risque de s'aggraver si rien n'évolue dans les pratiques agricoles et environnementales. Avec la réduction et l'appauvrissement des surfaces destinées à produire des aliments, la prospective alimentaire devient un défi majeur des prochaines décennies [4].

En Afrique subsaharienne, le phénomène de l'érosion hydrique est également très répandu. Sur environ 494 millions d'hectares de terres de cette région touchée par la dégradation des sols, 46 % sont affectés par l'érosion hydrique, 38 % par l'érosion éolienne, 12 % par la dégradation chimique et 4 % par la dégradation physique [5]

La dégradation des sols par érosion hydrique représente une grave menace qui met en danger la production agricole et les moyens d'existence ruraux et qui continue de prendre des proportions alarmantes, notamment dans les régions pauvres et de forte démographie [6]. Globalement, 29 % et 33 % des terres au Bénin se trouvent dans un état respectivement de forte et, moyenne dégradation [7]. Ce niveau de dégradation varie en fonction des zones agro-écologiques [8]. Selon ce dernier, les sols fortement dégradés se retrouvent dans les zones agro écologiques I (Extrême Nord) et II (Nord-Benin) avec des taux de dégradation respectivement de 84 et 40 % de la superficie des terres.

La Commune de Karimama est confrontée à un grave problème de dégradation des terres, caractérisé par les phénomènes d'érosion et d'effondrement naturels des sols connus sous le nom de dongas [9, 10]. Selon les mêmes auteurs, les dongas ont une origine anthropique et naturelle et ils proviennent d'une mauvaise utilisation des terres liée aux pratiques de feu de végétation, de surpâturage, de mauvaise construction des routes, des ponts et des canaux de drainage. La dégradation des terres de la Commune est aussi liée à la pauvreté et à des pressions humaines, aux régimes fonciers et à la sécheresse qui ont pour corollaires le surpâturage, les activités agricoles non durables, la surexploitation des terres et la déforestation [11].

Ces pressions anthropiques sur les ressources biologiques de la Commune de Karimama se font de plus en plus intenses, compromettent sérieusement l'équilibre écologique du milieu et constituent une menace à la sécurité alimentaire. Les conséquences socioéconomiques de ces phénomènes sont très importantes. Dans le cadre de réduire le risque d'érosion des sols dans la Commune, il urge d'analyser la vulnérabilité de ces sols à l'érosion.

1 Situation géographique et administrative

La Commune de Karimama est située au nord-ouest du département de l'Alibori, entre les parallèles 11°50' et 12°25' de latitude nord d'une part et les méridiens 2°43' et 3°20' de longitude est d'autre part (Figure 1).

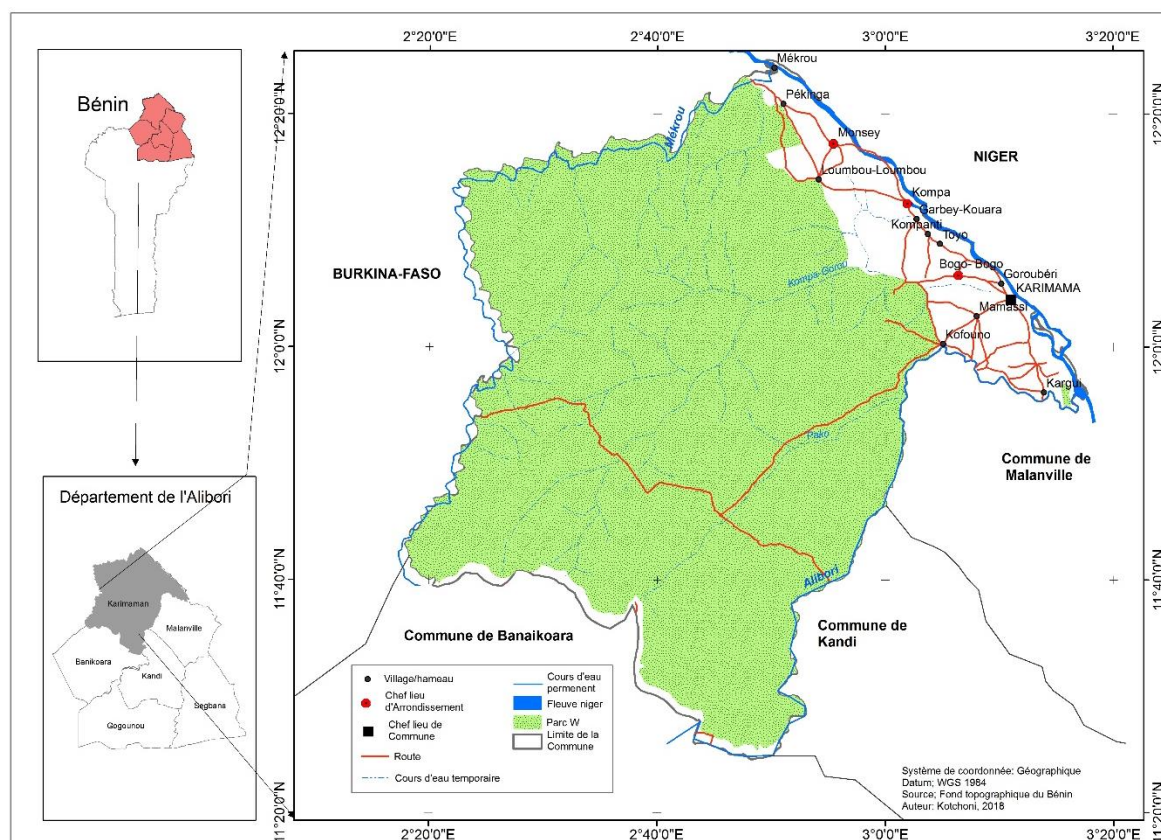


Figure 1 : Localisation de la Commune de Karimama.

La Commune de Karimama est limitée au nord par le fleuve Niger (frontière naturelle), au sud par la Commune de Banaikoara, à l'est par les Communes de Kandi et de Malanville et à l'ouest par le Burkina-Faso. Elle couvre une superficie de 6.102 Km² et est subdivisée en cinq arrondissements. Elle comporte quatre (4) quartiers de ville (Goroubéri, Karimama 1, Karimama 2, Mamassy-Peulh) et quatorze (14) villages à savoir Kargui, Birni-Lafia, Toundi-Koaria, Banikani,

Bogobogo, Mamassy Gourma, Torioh, Kompa, Garbey Koara, Kompanti, Loumbou-Loumbou, Monsey Dendi, Monsey Haoussa, Pétchinga). Le climat de la Commune de Karimama est de type soudano-sahélien mais un peu plus sahélien à deux saisons : une saison sèche de novembre à mi-mai et une saison de pluie de mi-mai à octobre avec un maximal de pluie en août [13]. La hauteur de pluie moyenne gravite autour de 900 mm par an. Les pluies s'installent effectivement au début du mois de mai et sont inégalement réparties dans le temps et dans l'espace.

2. Approche méthodologique

2.1 Méthode de traitement et d'analyse de l'érosivité des pluies

Dans la Commune de Karimama, l'agressivité des pluies est le principal facteur climatique de l'érosion et de la dégradation des terres. Le pouvoir érosif dépend de l'intensité de la pluie [12]. Plus l'intensité est grande, plus l'effet de battage du sol est prononcé. Wischmeier et al., (1971) [14] définissent donc un indice d'érosivité par la relation suivante :

$$R = 0,00059.I^{30} S [(11,9 + \log I) h i]$$

Avec :

i : représente une pluviophase d'intensité sensiblement constante ;

$I i$: l'intensité pluviométrique correspondante (mm/h) ;

$h i$: hauteur pluviométrique correspondante (mm) ;

$I 30$: l'intensité maximale observée en 30 mm (mm/h).

Guillobez (1990) [15] fait remarquer qu'au Burkina Faso des auteurs comme [16] ont établi une équation qui permet un calcul rapide de l'indice de l'érosivité. Pour chaque pluie l'indice est une fonction du produit de la pluie P par l'intensité en 30mn (I30) :

$$R = 0,0158.P.I30 - 1,2 \quad (1)$$

Dans le cadre de ce travail, la formule de [17 s. 72] qui permet de connaître la valeur annuelle de R lorsqu'on ne dispose que des précipitations a été appliquée aux valeurs obtenues afin de déterminer l'indice d'érosivité pour chaque station. Cette formule se présente comme suit :

$$R = 0,0295.P1, 89 \quad (2)$$

Les données pluviométriques ont été obtenues des stations synoptiques et pluviométriques les plus proches de la Commune de Karimama que sont les stations de Gaya, Kandi, Fada N'Gourma, Malanville, Guéné, Karimama et de Niamey Aéroport.

De façon pratique les précipitations de l'année 2017 sont prises en compte pour chaque station pluviométrique. La moyenne pluviométrique des mois pluvieux allant d'avril à septembre a été calculée pour les quatre stations synoptiques retenues. Elles ont permis principalement de déterminer l'agressivité des pluies vis-à-vis des sols à partir de l'indice d'érosivité (R) en vue d'apprécier le degré d'érosivité des pluies.

Afin que tout le secteur d'étude soit couvert, il a été procédé à l'interpolation des valeurs d'érosivité des pluies obtenues par station proche de la zone d'étude. Cette interpolation a été faite avec la méthode IDW. Le résultat de l'interpolation a été redimensionné à 30 m de résolution. Ainsi, à chaque point du milieu d'étude, la valeur de l'érosivité de la pluie est connue. Ces différentes opérations ont permis l'établissement de la carte d'érosivité des pluies.

2.2 Méthode de traitement et d'analyse de l'érodibilité des sols

La vulnérabilité des sols à l'érosion est influencée par les paramètres intrinsèques du sol : stabilité structurale, croûte de battance, état dispersé, matière organique et texture [18]. Selon Wischmeier (1971) [19], la structure, la texture et de la teneur en matière organique sont les facteurs qui conditionnent la perméabilité et la cohésion des agrégats.

Dans le cadre de ce travail, le coefficient d'érodibilité des sols issus des travaux de Roose (1994) [20] a été appliqué aux différentes unités pédologiques de la Commune étudiée. L'application de ces coefficients a permis de générer la carte d'érodibilité des sols.

2.3 Méthode de traitement et d'analyse du facteur topographique

La longueur, la forme et surtout l'inclinaison de pente sont des paramètres qui influencent considérablement l'érosion des sols [21]. Selon Maurizot (1995) [22]. Dans le cadre de cette recherche, l'Indice de Position Topographique (TPI) est utilisé pour illustrer l'influence de la topographie dans le processus de l'érosion. L'Indice de Position Topographique (TPI) a été créé par Dickson (2005) [23] d'après les travaux de Weiss (2001) [24] Cet indice s'exprime sous la formule :

$$TPI = \text{Élévation} - \text{Moyen d'élévation des cellules voisines} \quad (3)$$

Pour le calcul de TPI, le choix du seuil de voisinage est déterminant. Ce seuil est choisi en fonction des formes de relief à mettre en évidence. Un seuil élevé permet d'extraire l'ensemble des vallées, un faible seuil permet de caractériser les irrégularités du relief et un seuil peu élevé fait apparaître les crevasses, les réseaux de talweg, les sommets et les crêtes [25]. L'extension "Topography Tools 10.3" est téléchargée et implémenté dans le logiciel ArcGIS 10.3 pour le calcul de cet indice.

2.4 Méthode de traitement et d'analyse de la couverture végétale

Le couvert végétal protège le sol de deux manières [12]. D'une part, il augmente l'infiltration, améliore les propriétés (physiques et chimiques) du sol et maintient la cohésion des matériaux grâce au système racinaire. D'autre part, il brise l'énergie cinétique des gouttes de pluie et intercepte une partie des précipitations. Les feuilles des plantes en tombant se transforment en matière organique toute chose qui contribue à la cohésion du sol [26]. Un sol bien couvert par la végétation ralentit l'écoulement des eaux tandis qu'un sol nu est plus exposé à l'érosion. Afin de déterminer la part de ce facteur dans le processus d'érosion, il a été procédé à la classification supervisée de l'image Landsat OLI 2017 de la Commune de Karimama. L'algorithme de Maximum de Vraisemblance est utilisé pour cette opération dans le logiciel Envi 5.1. La descente sur le terrain et l'image haute résolution de Google earth ont permis de confirmer les résultats issus de cette classification.

2.5 Méthode de la hiérarchisation des facteurs d'érosion

La hiérarchisation des facteurs d'érosion est faite au moyen de la régression linéaire simple. Un facteur est explicatif de l'érosion si et seulement si : (i) le modèle est globalement significatif et (ii) la probabilité associée au coefficient de corrélation est \leq à 0,005.

Le modèle de la régression linéaire simple est écrit sous la forme :

$$y = a + bx \quad (4)$$

Avec :

- a** : étant une constante ;
- b** : la pente de la variable explicative.

Dans le cas de cette recherche, la variable dépendante est la perte en sol (**y**) et les variables explicatives (**b**) sont la longueur et l'inclinaison des pentes, la couverture végétale, l'érosivité des pluies et l'érodibilité des sols.

2.6 Méthode d'établissement et d'analyse de la carte de la vulnérabilité des sols à l'érosion

De nombreux modèles empiriques (quantitatif et qualitatif) ont été conçus pour évaluer le risque d'érosion hydrique. Ils se différencient en termes de complexité, d'objectif, de description des processus élémentaires et de demande en données d'entrée [29]. Généralement il n'y a pas un modèle idéal pour toutes les applications. La pertinence du modèle dépend de l'utilisation voulue et des particularités du milieu d'étude. Le modèle RUSLE est utilisé dans ce travail. C'est un modèle qui combine les facteurs d'érosion dans un SIG pour l'estimation de la perte annuelle du sol dans les conditions bien définies. La figure 2 résume la procédure générale appliquée pour la cartographie de la vulnérabilité des sols à l'érosion hydrique dans la Commune de Karimama.

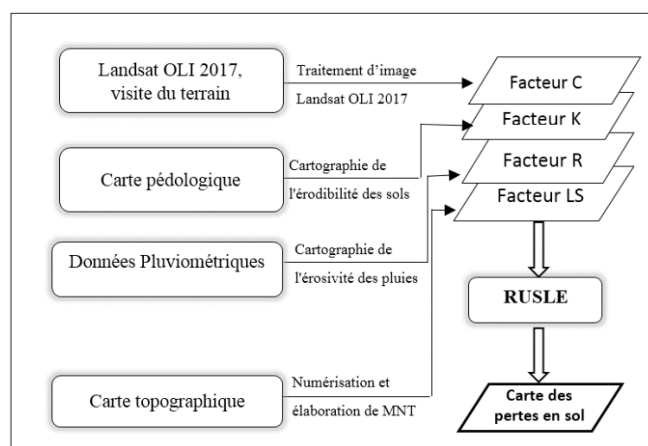


Figure 2 : Diagramme résumé du modèle RUSLE.

La Figure 2 présente le modèle conceptuel utilisé pour évaluer l'érosion hydrique dans la Commune de Karimama. Le taux d'érosion résulte de la combinaison des facteurs d'érosion dans un Système d'Information Géographique (SIG) et de l'application du modèle RUSLE. Sa détermination a permis d'élaborer, à l'échelle de la Commune de Karimama, la carte de vulnérabilité des sols à l'érosion hydrique.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Répartition de l'érosivité des pluies

L'érosivité de la pluie représente l'interaction entre l'énergie cinétique de la pluie et la surface du sol [31]. La pluie constitue le principal facteur de l'érosion hydrique. En effet, plus les précipitations sont abondantes, plus leur impact sur l'érosion des sols augmente. La Figure 3 présente la carte d'érosivité de la pluie dans la Commune de Karimama.

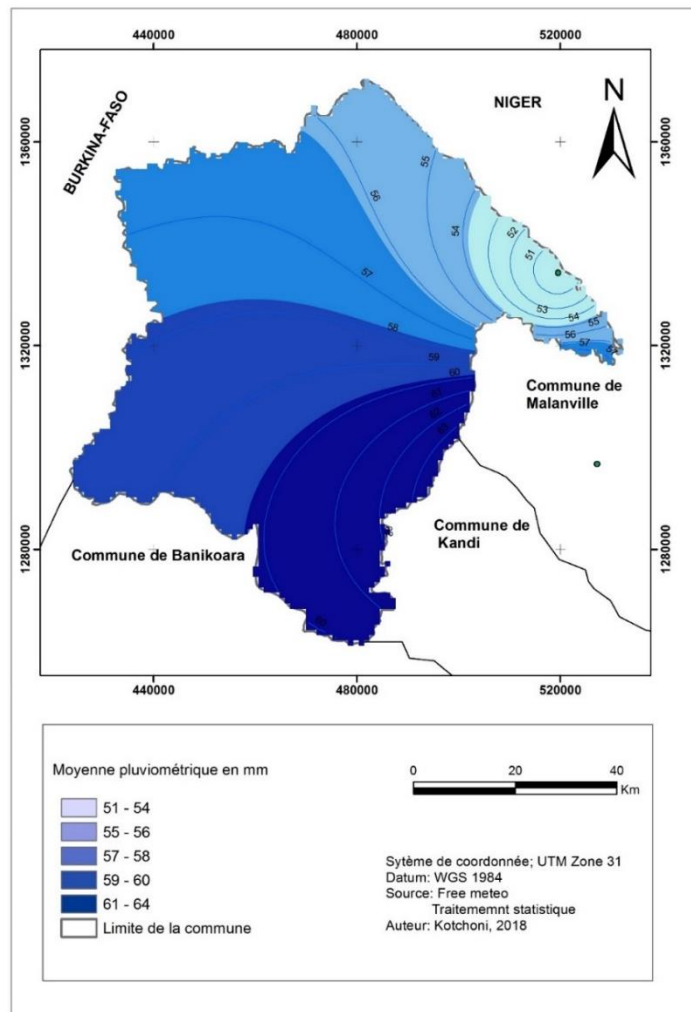


Figure 3: Répartition de la vulnérabilité de l'érosivité des pluies

La distribution spatiale de l'érosivité des pluies dans la Commune de Karimama présente une concentration des fortes valeurs d'érosivité des pluies du sud-est vers le nord-ouest. Ainsi, on observe une érosivité des pluies plus prononcée à l'intérieur de la RBTW qu'au sein du terroir de la Commune de Karimama. Cette situation s'explique par la distribution globale de la pluviométrie, qui diminue progressivement à mesure que l'on s'éloigne de l'équateur. Étant donné que la pluviométrie évolue avec la latitude, la répartition de la pluie est également affectée, de même que l'érosivité. Plus on se dirige vers le nord, plus les pluies deviennent rares, ce qui entraîne une érosivité très faible. C'est ce qui explique la représentation zonale de la vulnérabilité de l'érosivité. Les valeurs de l'indice d'érosivité de la pluie R (Tableau 1) montrent une diminution verticale du sud vers le nord, indiquant ainsi l'effet de la continentalité sur les précipitations.

Tableau 1: Classification de l'indice d'érosivité de la pluie

Classes	Erosivité R de la pluie	Degré d'érosivité
1	51 - 54	Très faible
2	55 - 56	Faible
3	57 - 58	Moyen
4	59 - 60	Fort
5	61 - 64	Très fort

Source : Traitement des données pluviométriques.

L'érosivité de la pluie est très faible dans les terroirs riverains de la RBTW. Cependant, elle évolue progressivement de faible à très forte à l'intérieur de la RBTW. Cette évolution s'explique par la baisse progressive de la pluviométrie de

l'intérieur de la RBTW vers ses terroirs riverains à Karimama. Malgré cela, les sols des deux milieux (RBTW et ses terroirs riverains) restent fortement sensibles à l'érosion.

3.2 Cartographie de l'érodibilité des sols

De façon générale, les sols de la Commune de Karimama présentent une forte érodibilité. Cependant cette érodibilité diffère des types de sol en présence. La figure 4 présente la répartition spatiale de l'érodibilité K des sols.

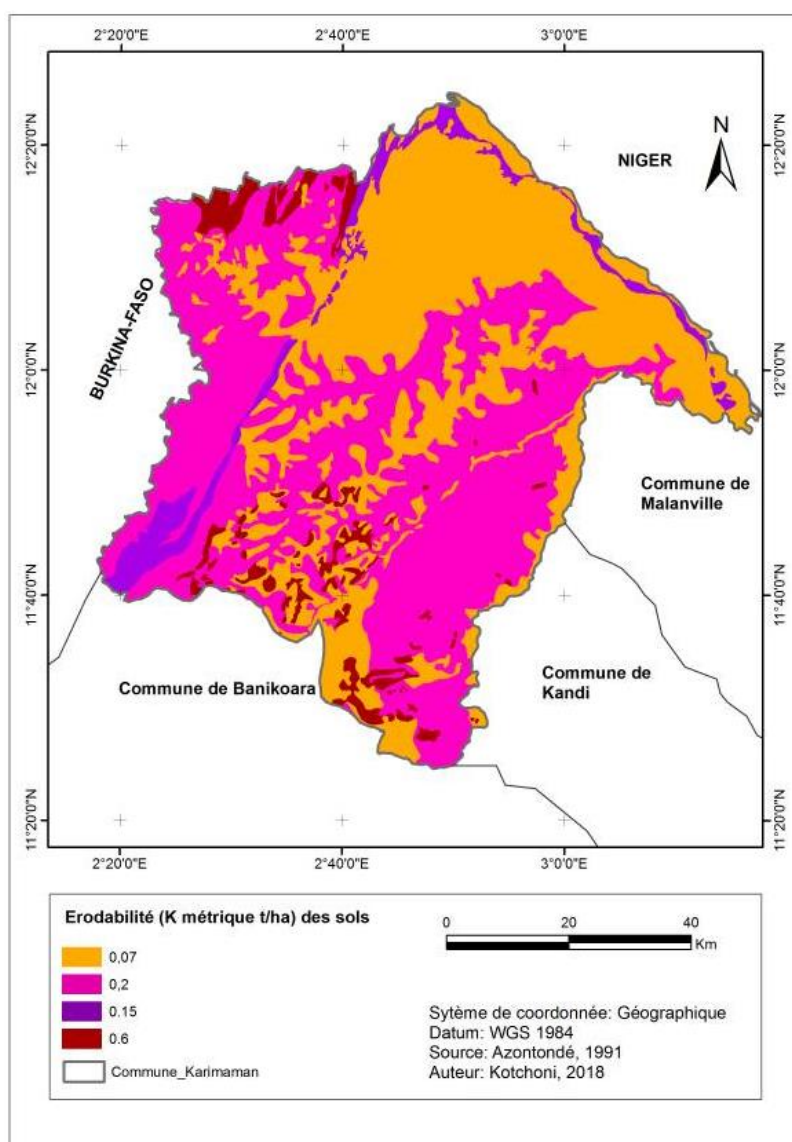


Figure 4: Dynamique de l'indice d'érodibilité des sols.

Les zones à érodibilité très faible sont principalement observées sur les sols hydromorphes, couvrant 4,76 % du milieu d'étude (Tableau 2). Ce sont des sites de dépôt de sédiments arrachés et transportés par les eaux de ruissellement. Ensuite, les zones à érodibilité faible (4,67 %) de la Commune de Karimama (Tableau 2) se situent au sud, au nord-ouest et au nord-est. Ces zones sont exclusivement constituées de sols minéraux bruts qui, sous l'influence d'une forte pluviométrie, sont soumis à une intense altération.

Les zones à érodibilité moyenne, couvrant 4,57 % de l'espace étudié (Tableau 2), bordent l'est de la Commune, avec de petites extensions au sud-ouest et au nord-est. Les sols dans ces zones sont des sols peu évolués modaux et lithiques. Enfin, les zones à érodibilité forte, représentant 86 % de la superficie totale de la Commune (Tableau 2), sont essentiellement présentes sur tout le territoire du milieu d'étude. Il s'agit des sols ferrugineux tropicaux lessivés et peu lessivés, présentant une forte vulnérabilité à l'érosion hydrique.

Les valeurs de l'indice d'érodibilité K sont comprises entre 0,07 et 0,2 et sont réparties dans le milieu d'étude selon les différentes unités homogènes. La Commune de Karimama présente généralement une forte érodibilité (0,2), couvrant presque la totalité (86 %) de sa superficie (Tableau 2).

Tableau2 : Coefficient d'érodibilité des sols.

Types de sol	Superficie (ha)	% Superficie	Coefficient d'érodibilité K	Degré de vulnérabilité
Sols hydromorphes	29057,03	4,76	0,07	Très faible
Sols minéraux	28512,34	4,67	0,6	Faible
Sols peu évolués	27876,76	4,57	0,15	Moyen
Sols ferrugineux	524753,88	86	0,2	Forte

(Source : Azontondé, 1991 et traitement des données).

3.3 Cartographie de l'inclinaison des pentes

La pente et la longueur de la pente influencent grandement l'ampleur de l'érosion par leur action gravitaire et fournissent leur énergie érosive à l'eau. Par ailleurs, l'existence d'une érosion et d'un ruissellement intensif sur des pentes moyennes indique, au contraire, qu'il n'est pas nécessaire d'avoir une forte pente pour déclencher ce phénomène. La reclassification de l'indice topographique a permis la réalisation de la carte de vulnérabilité de la topographie à l'érosion (Figure 5).

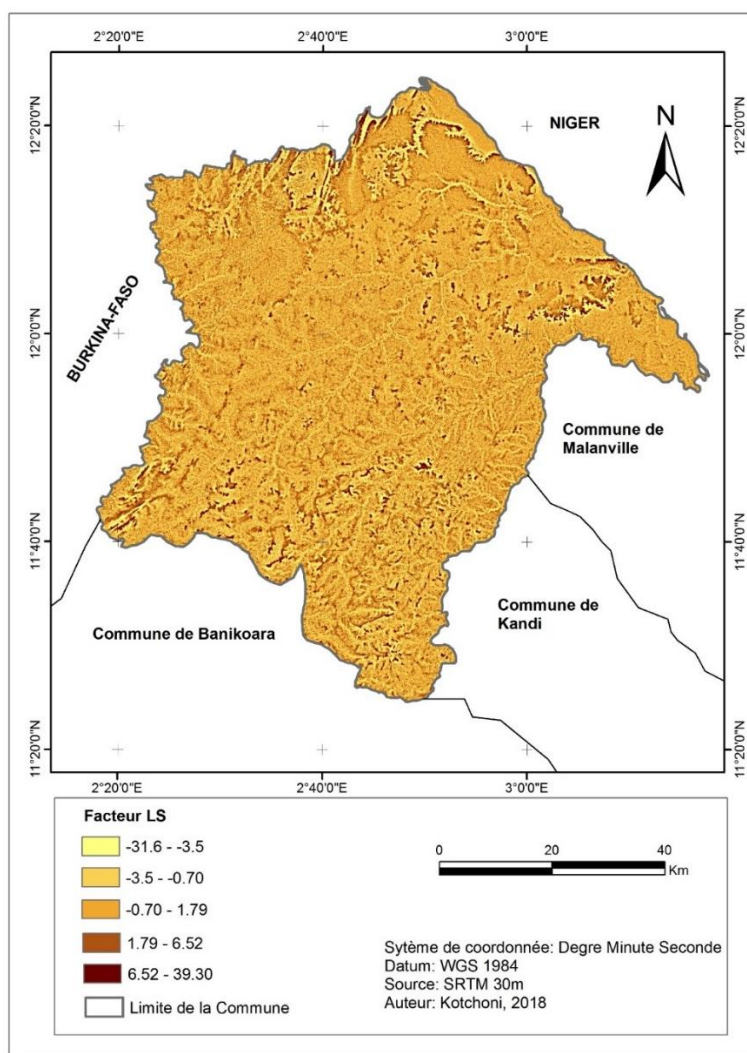


Figure 5: Répartition de la vulnérabilité topographique.

De façon générale, la carte du facteur topographie est dominée par la présence de la vulnérabilité moyenne, indiquant ainsi que le milieu d'étude serait dans son ensemble faiblement plat. On observe cependant une concentration de la vulnérabilité forte au niveau des "dongas" et près des cours d'eau principaux (Niger et Alibori) au nord-est, à l'est et au sud-est du milieu. Ce sont les versants des vallées qui représentent les parties les plus accidentées de la Commune. Le nord-ouest et le sud-est se présentent comme des zones où se rencontrent les reliefs faiblement élevés, car on y observe par endroit la présence de la vulnérabilité faible. Le Tableau 3 rend compte du niveau de vulnérabilité de la topographie de la Commune de Karimama.

Tableau 3 : Le tableau montre la classification des pentes.

Classe	TPI (%)	Effet sur l'érosion
1	-3,16 – -3,5	Très faible
2	-3,5 – 0,70	Faible
3	-0,70 – 1,79	Moyen
4	1,79 – 6,52	Forte
5	6,52 – 39,30	Très fort

(Source : Traitement de l'image SRTM)

De l'analyse du Tableau 3, cinq classes d'Indice de Position Topographique se dégagent, à savoir : les pentes très faibles (-3,16 à -3,5 %), les pentes faibles (-3,5 à -0,70 %), les pentes moyennes (-0,70 à 1,79 %), les pentes fortes (1,79 à 6,52 %), et les pentes très fortes (6,52 à 39,30 %). Cette nouvelle classification a permis d'apprécier l'effet de la pente dans le processus de l'érosion hydrique dans le milieu d'étude. Les zones où la vulnérabilité des pentes est faible, c'est-à-dire les zones de faible pente, présentent une vulnérabilité non négligeable. Cela s'explique par le fait que l'érosion peut être intense sur des pentes relativement faibles. On peut donc affirmer que le niveau de vulnérabilité des sols à l'érosion ne dépend pas seulement de la topographie, mais aussi des conditions de la couverture végétale.

3.4 Cartographie du couvert végétal

Le risque d'érosion diminue lorsque le sol est bien protégé par la végétation ou une couche de résidus de culture. La végétation et les résidus limitent l'impact des gouttes de pluie, réduisent la vitesse d'écoulement de l'eau et améliorent l'infiltration de l'eau dans le sol. En effet, les sols nus sont les plus vulnérables à l'érosion. La Figure 6 présente l'indice de sensibilité de la couverture végétale dans le milieu d'étude.

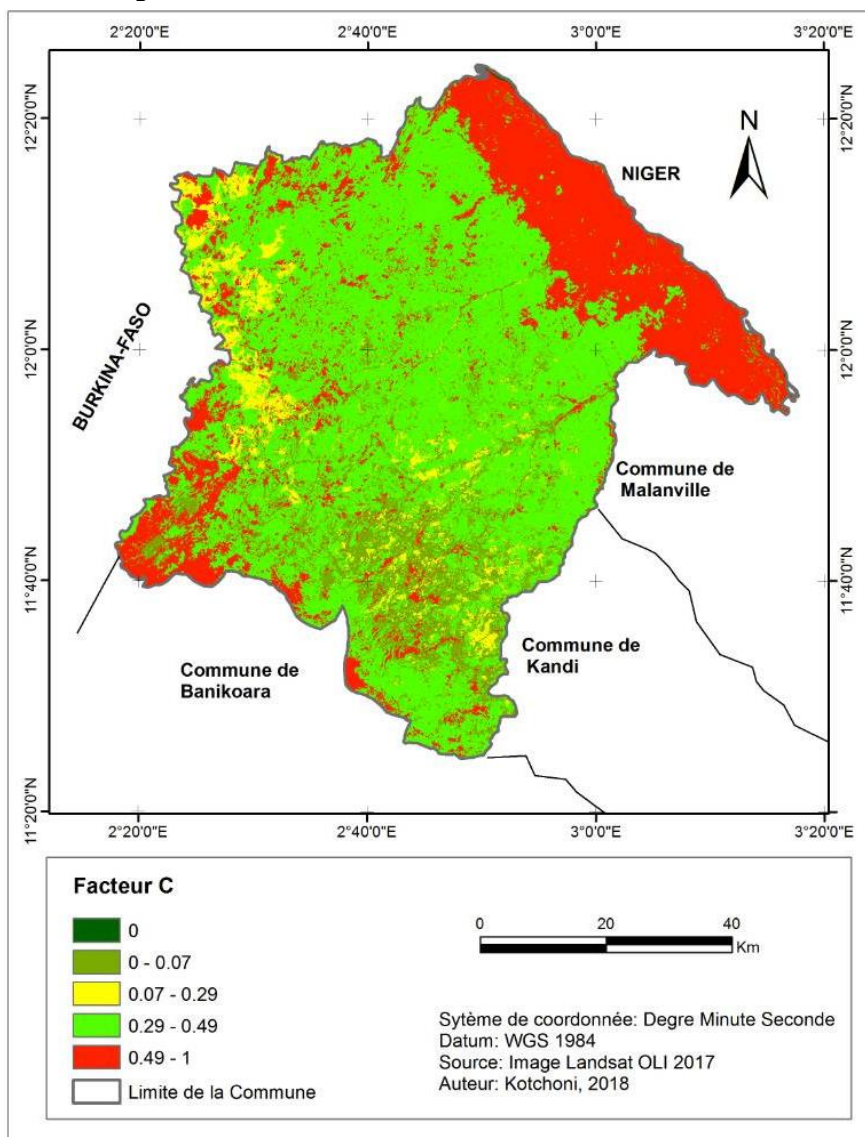


Figure 6 : Répartition de l'indice de la sensibilité de la couverture végétale.

Il ressort de la Figure 6 que la Commune de Karimama présente, dans les terroirs villageois et au niveau de la périphérie au sud-ouest du RBTW, un état de surface très fortement sensible à l'érosion. Cependant, les faibles vulnérabilités sont réparties sur l'ensemble du RBTW. En ce qui concerne les états de surface moyennement sensibles, ils sont dispersés au nord-ouest et au sud-est du RBTW. Ce constat reflète l'état de dégradation avancée des sols, car l'observation de la très forte vulnérabilité des sols dans les terroirs villageois et au sud-ouest du Parc indique une absence totale de couverture végétale. Cette absence de couverture végétale expose davantage le sol à l'érosion. L'évaluation de la couverture végétale a été réalisée sur la base de la reclassification des valeurs de réflectance des sols (Tableau 4).

Tableau I : Reclassification des valeurs de réflectance.

Classes	Valeurs de réflectance	Degré d'exposition des sols
1	0 - 50	Très faible
2	50,001 - 100	Faible
3	100,001 - 150	Moyen
4	150,001 - 200	Fort
5	200,001 - 255	Très forte

(Source : Traitement d'image Landsat OLI 2017).

L'analyse du Tableau 4 révèle cinq classes de vulnérabilité de l'état de surface à l'érosion hydrique. Les zones fortement végétalisées sont associées aux valeurs de réflectance les plus faibles (0 - 50), tandis que les valeurs les plus élevées (200,001 - 255) correspondent aux sols nus. Les zones de vulnérabilité moyenne (100,001 - 150) correspondent à la savane herbeuse, souvent dégradée, et représentent le type de couvert végétal le plus sensible aux processus d'érosion dans la Commune. L'exposition des sols à l'érosion est due à la déforestation, au surpâturage et aux feux de végétation qui tendent à substituer les formations primitives à des couverts secondaires de nature différente, telle que la savane herbeuse.

3.5 Hiérarchisation des facteurs d'érosion

Le tableau 5 récapitule les pertes de sol, l'équation de la droite d'ajustement, les facteurs d'érosion et la probabilité associée à chaque modèle.

Tableau 5 : Coefficient d'ajustement R^2 du modèle perte de sol et facteurs d'érosion

Forme d'érosion	Variables	Equations	Coefficient de corrélation	Probabilité
Perte de sol	Facteur LS	$Erosion_kari = 39,2961 * \text{Facteur LS}$	24,92	0,0001
	Facteur C	$Erosion_kari = 215,6871 * \text{facteur C}$	15,64	0,0001
	Facteur R	$Erosion_kari = 1,4915 * \text{Facteur R}$	2,18	0,0001
	Facteur K	$Erosion_kari = 401,0157 * \text{Facteur K}$	0,62	0,0001

Il ressort de l'analyse du Tableau V que la probabilité est identique et significative pour toutes les variables étudiées (valeur de $P = 0,0001$). Cependant, le coefficient de détermination R^2 de la relation entre les pertes de sol et la longueur et l'inclinaison de la pente est de 24,92 %, de 15,64 % pour la couverture végétale, de 2,18 % pour l'érosivité des pluies et de 0,62 % pour l'érodibilité des sols. Ainsi, les facteurs d'érosion dans la Commune de Karimama, par ordre d'importance, sont la longueur et l'inclinaison des pentes, la couverture végétale, l'érosivité des pluies et l'érodibilité des sols. Après l'étude des facteurs intervenant dans le processus d'érosion dans la Commune de Karimama, les résultats obtenus sont intégrés dans le modèle d'analyse retenu pour évaluer la vulnérabilité des sols à l'érosion hydrique.

3.6 Niveau de vulnérabilité des sols à l'érosion hydrique

Le résultat issu de la combinaison des différents facteurs d'érosion dans le modèle RUSLE est présenté sous forme de carte. La figure 7 présente les estimations de pertes annuelles de sol dans la Commune de Karimama.

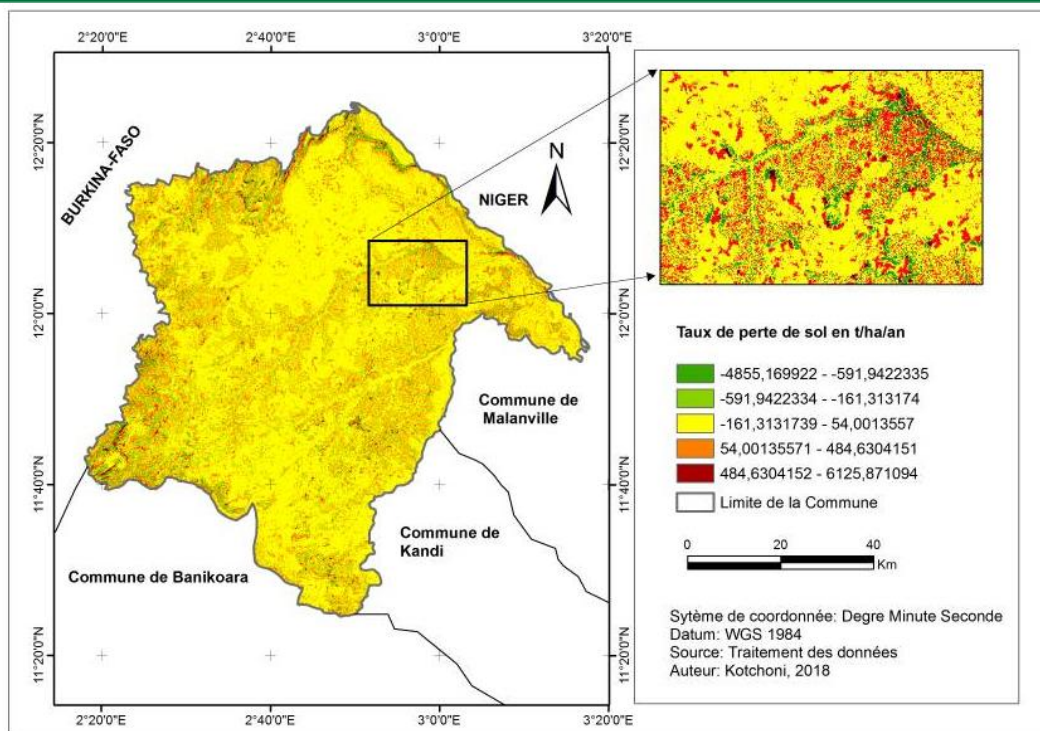


Figure 7: Vulnérabilité des sols à l'érosion hydrique.

La Figure 7 illustre l'étendue des pertes de sol dans la Commune de Karimama. Les pertes de terre, déterminées par le modèle RUSLE pour les quatre facteurs d'érosion, varient entre -4855,169922 et 6125,871094 t/ha/an. Les valeurs négatives indiquent le dépôt de sédiments, tandis que les valeurs positives correspondent aux pertes de sol. Ces valeurs d'érosion potentielle (t/ha/an), obtenues à l'échelle de la Commune, sont regroupées en cinq classes de vulnérabilité comme suit : une première classe de vulnérabilité très faible (-4855,169922 à -591,9422335 t/ha/an) et une deuxième classe de faible vulnérabilité comprise entre -591,9422335 et -161,3131739 t/ha/an, réparties sur l'ensemble de la RBTW et les bordures des principaux cours d'eau tels que le Niger, la Mékrou et l'Alibori. Ensuite, une classe de vulnérabilité moyenne (-161,3131739 à 54,0013557 t/ha/an) est dispersée dans toute la Commune étudiée. Les classes de forte vulnérabilité (54,0013557 à 484,6304151 t/ha/an) et de très forte vulnérabilité (484,6304151 à 6125,871094 t/ha/an) sont localisées dans le terroir villageois et à la périphérie sud-ouest de la RBTW. Le Tableau 5 présente la répartition spatiale des classes d'érosion dans la Commune de Karimama.

4 DISCUSSION

La carte de la vulnérabilité des sols à l'érosion obtenue par le modèle RUSLE montre une répartition spatiale « éparpillée » des classes d'érosion dans la Commune de Karimama. Les taux d'érosion varient entre -4855,169922 et 6125,871094 t/ha/an, avec une moyenne comprise entre -161,3131739 et 54,0013557 t/ha/an. Ces taux restent en général inférieurs ou supérieurs ou proches à ceux estimés par les travaux effectués par d'autres auteurs. A titre de comparaison, des études réalisées à l'échelle du Rif ont révélé des taux d'érosion moyens plus élevés, par exemple 65 t/ha/an ont été estimées au niveau du bassin versant de Nakhla et al., (2012) [27] alors qu'il est de , 61 t/ha/an au niveau du bassin versant de l'oued Telata dans le Prérif oriental [28] et 55,35 t/ha/an au niveau de l'oued Boussouab [30]. D'autres études réalisées par et al., (201) [32] au niveau du barrage Ibn Battouta et al., (2012) [33] au niveau montrent respectivement une perte moyenne en terre faible de 39,6 t/ha/an et 37 t/ha/an.

Selon Wall et al., (2002) [35], une érosion très faible à faible varie entre 0 et 11 t/ha/an, une érosion modérée entre 11 et 22 t/ha/an, alors qu'au-delà de 22, l'érosion est forte (22 à 33 t/ha/an) à très forte (> 33t/ha/an). Au sud de l'Espagne, une étude [35] a montré que les taux d'érosion varient sensiblement en fonction du type de l'occupation du sol, de 22 t/ha/an sur les terres en vignobles, à 87 t/ha/an sur les champs à terrasses abandonnés, jusqu'à 115 t/ha/an sur des champs de céréales. Cela peut être une raison pour laquelle les taux d'érosion sur les terres agricoles et nues au niveau de la Commune de Karimama changent parfois sur des terrains de même lithologie et des conditions de topographie similaires. Les valeurs d'érosion obtenues par l'application de cette méthode peuvent varier considérablement en raison des différentes conditions météorologiques. Par contre, à long terme, les valeurs moyennes obtenues par RUSLE représentent les pertes en sol avec plus de précision [36].

Les classes de vulnérabilité importante à l'érosion correspondent aux niveaux, moyen, fort et très fort. Ceux-ci affectent 42,57 % du milieu d'étude, avec une répartition générale de la vulnérabilité moyenne dans toute la Commune. Ces classes se trouvent dans les terroirs villageois, dans la zone tampon et une petite partie de la périphérie sud-ouest de la RBTW. Ces résultats rejoignent ceux de Aké et al., (2012) [37] qui a trouvé que le phénomène d'érosion est particulièrement sensible dans les localités où sont implantées les principales plantations agro-industrielles. De même dans le cadre de la mise en œuvre de la convention sur la lutte contre la désertification au Gabon les études montrent que les actions anthropiques, telles que l'intense exploitation forestière et les techniques agricoles traditionnelles et modernes augmentent les risques d'érosion des sols. Cette situation pourrait s'expliquer par des pratiques agricoles extensives et une croissance de la population qui induit une augmentation des superficies emblavées dans les terroirs et dans la zone tampon. La conversion des espaces forestiers en zones de culture accentue les phénomènes d'érosion, dont le degré d'occurrence est lié au type d'utilisation [38].

5 CONCLUSION

L'érosion des sols constitue la principale cause de dégradation des terres dans la Commune de Karimama. Plusieurs facteurs déterminants ont été identifiés, ce qui a permis d'établir la carte de vulnérabilité des sols à l'érosion. La cartographie de la vulnérabilité des sols à l'érosion hydrique a permis de distinguer cinq classes de vulnérabilité à l'érosion hydrique. Près de la moitié (42,57 %) de la superficie totale de la Commune présente une vulnérabilité moyenne à forte (-4855,169922 à 6125,871094 t/ha/an) à l'érosion. Ces zones couvrent l'ensemble des terroirs riverains et la périphérie sud-ouest de la RBTW. L'ampleur de la dégradation des terres provoquée par la pression humaine représente une menace pour l'intégrité de la RBTW et pour les moyens d'existence dans la Commune de Karimama. Il est donc urgent que les producteurs agricoles modifient leurs pratiques agricoles. Ils doivent désormais mettre en œuvre des stratégies leur permettant de passer d'une agriculture extensive à une agriculture intensive.

6 REFERENCE

- [1] Durand, Mathieu A Sylvy Jaglin. Inégalités environnementales et écologiques : quelles applications dans les territoires et les services urbains ? *Flux* [online]. 2012; **89-90**(3-4): 4-1. doi:10.3917/flux.089.0004
- [2] Robert, Michel A Pierre Stengel. Sols et agriculture: ressource en sol, qualité et processus de dégradation. Une prospective mondiale, européenne et française. *Cahiers Agricultures*. 1999; **8**(4): 301-308.
- [3] Zekri, N. A. A. Tounkob. Cartographie de la vulnérabilité potentielle des sols à l'érosion hydrique dans le bassin versant de Tafna (Nord-Ouest Algérien). *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*. 2021; **9**(4): 608-615.
- [4] Benbrahim, Kawtar Fikri, Mohammed Ismaili, Sanae Fikri Benbrahim A Abdellatif Tribak. Problèmes de dégradation de l'environnement par la désertification et la déforestation: impact du phénomène au Maroc. *Science et changements planétaires/Sécheresse*. 2004; **15**(4): 307-320.
- [5] Milandou, Idriss Auguste Williams M'bouka. *Etude de la dégradation des routes en terre, par l'érosion hydrique, en milieu rural: cas de la Sous-préfecture de Goma tsé-tsé (sud du Congo)*. B.m., 2019. PhD Thesis. Université Marien N'Gouabi (Congo).
- [6] Ozer, Pierre, Yvon-Carmen Hountondji, Abdoul Jelil Niang, Salifou Karimoune, Ousmane Laminou Manzo A Marc Salmon. Désertification au Sahel: historique et perspectives. *Bulletin de la Société Géographique de Liège*. 2010, **54**.
- [7] Assogba, S. Claude-Gervais, D. Sandrine ZANCRAN a Rodrigue V. Cao DIOGO. Perception de l'efficacité des outils d'information et de communication dans la diffusion des pratiques de restauration des terres au Nord-Bénin. *Annales de l'Université de Parakou-Série Sciences Naturelles et Agronomie*. 2022; **12**(2): 1-12.
- [8] Assogba, S. C. G., E. Akpinfa, G. Gouwakinnou A S. Larissa. La gestion durable des terres: analyse d'expériences de projets de développement agricole au Bénin (Rapport de Synthèse). *Institute for Advanced Sustainability Studies, Potsdam, Germany*. 2017, 32.
- [9] Mccarthy, James J. *Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability: contribution of Working Group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. B.m.: Cambridge University Press, 2001.
- [10] Toko, I. Productivité des pâturages de savanes en relation avec les phénomènes d'érosion naturelle des sols (Dongas) dans le Parc National du W. *Mémoire de DEA EDP/FLASH/UAC*. 2005.
- [11] Avakoudjo et al., 2014 - Google Scholar [online]. [vid. 2023-12-02]. Dostupné z: https://scholar.google.com/scholar?hl=fr&as_sdt=0%2C5&q=Avakoudjo+et+al.%2C+2014&btnG=
- [12] El Hage Hassan, Hussein, Laurence Charbel A Laurent Touchart. Cartographie des conditions de l'érosion hydrique des sols au Mont-Liban: exemple de la région d'El Aaqouira. *Physio-Géo. Géographie physique et environnement*. 2015; **9**: 141-156.
- [13] Adam, S. A. M. Boko. Le Bénin Les éditions du Flamboyant. *Edicef: Paris*. 1993, 96.
- [14] Wischmeier, Walter H. a Dwight David SMITH. *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. B.m.: Department of Agriculture, Science and Education Administration, 1978. 537.
- [15] Guillobez, Serge. Réflexions théoriques du ruissellement et de l'érosion. Bases d'un contrôle, application à la détermination des écartements entre dispositifs anti-érosifs. 1990.
- [16] Galabert, J. A Eugène Millogo. Indice d'érosion par la pluie en Haute Volta. 1972.
- [17] Roose, E. J. Adaptation des méthodes de conservation des sols aux conditions écologiques et socio-économiques de l'Afrique de l'Ouest. *Agronomie tropicale*. 1977; **32**(2): 132-140.
- [18] Roose, Eric A Jean-Marie Sarrailh. Erodibilité de quelques sols tropicaux. Vingt années de mesure en parcelles d'érosion sous pluies naturelles. *Cahiers de l'ORSTOM*. 1990.
- [19] Wischmeier, Walter H., C. B. Johnson A B. V. Cross. Soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. 1971.
- [20] Azontondé, H. A. Propriétés physiques et hydrauliques des sols au Bénin. *IAHS-AISH publication*. 1991; (199): 249-258.
- [21] Roose, Eric. *Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES)*. B.m.: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 1994.
- [22] Maurizot, P. A M. Delfau. Cartographie de la sensibilité à l'érosion, Province Sud de Nouvelle-Calédonie. *Rapport BRGM n. 1995, 38660*.
- [23] Dickson, Brett G., Jeffrey S. Jenness A Paul Beier. Influence of vegetation, topography, and roads on cougar movement in southern California. *The Journal of Wildlife Management*. 2005, **69**(1), 264-276.
- [24] Weiss, Andrew. Topographic position and landforms analysis. In: *Poster presentation, ESRI user conference, San Diego, CA*. 2001.
- [25] O. S. S. Rapport de Synthèse. 2012.

- [26] Kabre, Mamadou. Vulnérabilité des sols à l'érosion dans la région du Centre Nord du Burkina Faso: approche par télédétection et SIG (Système d'Information Géographique). 2009.
- [27] Tribak, A., A. El Garouani A M. Abahrour. L'érosion hydrique dans les séries marneuses tertiaires du préif oriental: agents, processus et évaluation quantitative. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*. 2012; **1**(1): 47–52.
- [28] Poesen, Jean A Hanoch Lavee. Rock fragments in top soils: significance and processes. *Catena*. 1994; **23**(1–2); 1–28.
- [29] Mercader et al., 2006 - *Google Scholar* [online]. [vid. 2023-12-02]. Dostupné z: https://scholar.google.com/scholar?hl=fr&as_sdt=0%2C5&q=Mercader+et+al.%2C+2006&btnG=
- [30] Sadiki, Abdelhamid, Saïdati Bouhlassa, Jamal Auajjar, Ali Faleh A Jean-Jacques Macaire. Utilisation d'un SIG pour l'évaluation et la cartographie des risques d'érosion par l'Equation universelle des pertes en sol dans le Rif oriental (Maroc): cas du bassin versant de l'oued Boussouab. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Terre*. 2004; **26**(2004): 69–79.
- [31] Wischmeier, Walter H., C. B. Johnson A B. V. Cross. Soil erodibility nomograph for farmland and construction sites [online]. 1971 [vid. 2023-12-02]. Available on: <https://trid.trb.org/view/125184>
- [32] Issa, Lamiae Khali, Ahmed Raissouni, Rachid Moussadek, A. El Arrimissa, L. Khali, A. Raissouni, R. Moussadek A A. El Arrim. Mapping and assessment of water erosion in the Khmiss Watershed (North Western Rif, Morocco). *Current Advances in Environmental Science*. 2014; **2**(4): 119–130.
- [33] Raissouni, Ahmed, Lamiae Khali Issa, A. Arrim, M. Maâtouk A Roberto Passalacqua. GIS-based model to assess erosion sensitivity in Northern Morocco. Laou watershed case study. *International Journal of Geosciences*. 2012; **3**(3): 610–626.
- [34] Wall, G. J., D. R. Coote, E. A. Pringle A I. J. Shelton. RUSLE-CAN. 2002.
- [35] García-Ruiz, José M. The effects of land uses on soil erosion in Spain: A review. *Catena*. 2010; **81**(1): 1–11.
- [36] Kumar, Amit, Mamta Devi A Benidhar Deshmukh. Integrated remote sensing and geographic information system based RUSLE modelling for estimation of soil loss in western Himalaya, India. *Water resources management*. 2014; **28**: 3307–3317.
- [37] Aké, Gabriel Étienne, Boyossoro Hélène Kouadio, Miessan Germain Adja, Jean-Baptiste Ettien, Kôkôh Rose Effebi A Jean Biémi. Cartographie de la vulnérabilité multifactorielle à l'érosion hydrique des sols de la région de Bonoua (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). *Physio-Géo. Géographie physique et environnement*. 2012; **6**, 1–42.
- [38] Rijdsdijk, A. A Leendert Adriaan Bruijnzeel. Erosion, sediment yield and land-use patterns in the upper Konto watershed East Java, Indonesia. 1. Introductory chapters. 2. Results of the 1987-1989 measuring campaigns. *Project Communication Series DHV Consulting Engineers (Netherlands)*. 1990, (18, ç. 1).



How to cite this article: **Andry Harinaina Rabearisoa, Bertrand Manjolongo, et Ravo Victoire Nasolomampionona.**

ÉTUDE APPROFONDIE DE LA CONTAMINATION CHIMIQUE PAR LE SULFATE D'ALUMINE ET LA CHAUX VIVE DANS LES EAUX DU LAC TSIANDRAZANDOHA, AMBOSITRA, MADAGASCAR : CARACTERISATION ET CONTROLE.
Am. J. innov. res. appl. sci. 2023;17(6): 41-52. DOI : [10.5281/zenodo.10251091](https://doi.org/10.5281/zenodo.10251091)

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

ENJEUX ET PERSPECTIVES DE L'ENSEIGNEMENT DES JEUX ET SPORTS TRADITIONNELS CONGOLAIS EN EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE AU COLLEGE

CHALLENGES AND PROSPECTS FOR TEACHING TRADITIONAL CONGOLESE GAMES AND SPORTS IN PHYSICAL AND SPORTS EDUCATION AT SECONDARY SCHOOL LEVEL

| LEMBE Gorgon * | NZOBO-MAVOUNGOU Prince | et | NSITA KOUSSSIAMA Judicaël |

Laboratoire de Didactique des Activités Physiques et Sportives | Institut Supérieur d'Éducation Physique et Sportive | Université Marien Nguabi | Brazzaville | Congo |



| DOI: 10.5281/zenodo.10246764 | Received November 22, 2023 | Accepted November 24, 2023 | Published December 03, 2023 | ID Article | Lembe-Ref1-5-17ajiras221123 |

RESUME

Introduction : Les jeux et sports traditionnels (JST) représentent des activités souples, non codifiées et non institutionnalisées, offrant des modes d'action et d'interaction originaux. L'intégration des JST Congolais dans l'enseignement de l'EPS au collège est d'une importance capitale pour leur vulgarisation et leur préservation. **Objectifs** : Cette étude vise à identifier les raisons du non-enseignement des JST Congolais en EPS au collège, à explorer les opinions des enseignants d'EPS sur ces jeux ainsi que leurs perceptions quant à leur impact sur les élèves. De plus, elle analyse les facteurs associés à la prise en compte des JST lors des leçons d'EPS chez les enseignants du collège. **Matériel et méthodes** : L'étude a été menée à Brazzaville du 10 juillet au 26 septembre 2023, impliquant 125 enseignants d'EPS stagiaires à l'ISEPS dans les filières Master et Licence. Sur les 120 répondants au questionnaire, cinq ont également participé à des entretiens semi-directifs. L'influence des opinions des enquêtés sur les réponses émises "oui", "non" au niveau de certains items a fait recours au test du chi-carré. **Résultats** : Les analyses des opinions des enquêtés révèlent que les JST Congolais portent des valeurs éducatives, culturelles, sociales, physiques, psychomotrices et sociomotrices. Leur intégration dans l'enseignement de l'EPS au collège est perçue comme favorable au développement des différentes dimensions de la personnalité des élèves, à l'instar des Activités Physiques et Sportives (APS). Les entretiens individuels montrent que 75% des enseignants d'EPS ont une définition des JST, tandis que 25% ne les définissent pas. Cependant, malgré cette connaissance, 100% des enseignants ont répondu par "non" à la présence des JST dans l'enseignement de l'EPS au collège, invoquant l'absence de ces jeux dans le guide pédagogique. Tous les enseignants ont également énuméré les apports potentiels des JST pour les pratiquants. **Conclusion** : Nos résultats suggèrent la nécessité de prendre en considération les JST pour les intégrer dans l'enseignement de l'EPS au collège, contribuant ainsi à la revalorisation et à la préservation de l'identité culturelle congolaise. **Mots clés** : Enseignement, JST Congolais, EPS, Collège.

ABSTRACT

Introduction: Traditional games and sports (TGS) represent loosely codified, non-institutionalized activities that offer unique modes of action and interaction. The integration of Congolese TGS into physical education (PE) at the college level is of paramount importance for their popularization and preservation. **Objectives**: This study aims to identify the reasons for the non-teaching of Congolese TGS in PE at the college level, explore the opinions of PE teachers on these games, and examine the factors associated with the consideration of TGS during PE lessons among college teachers. **Materials and Methods**: The study was conducted in Brazzaville from July 10 to September 26, 2023, involving 125 PE teachers who were trainees at ISEPS in the Master's and Bachelor's programs. Out of 120 respondents to the questionnaire, five also participated in semi-structured interviews. The chi-square test was used to examine the influence of respondents' opinions on the "yes" and "no" responses to certain items. **Results**: Analyses of respondents' opinions reveal that Congolese TGS embody educational, cultural, social, physical, psychomotor, and sociomotor values. Their integration into PE at the college level is seen as favorable to the development of various dimensions of students' personalities, akin to Physical Activities and Sports (PAS). Individual interviews show that 75% of PE teachers have a definition of TGS, while 25% do not. However, despite this knowledge, 100% of teachers responded "no" to the presence of TGS in college PE, citing the absence of these games in the pedagogical guide. All teachers also listed the potential benefits of TGS for practitioners. **Conclusion**: Our findings suggest the need to consider TGS for integration into college PE, contributing to the valorization and preservation of Congolese cultural identity.

Keywords: Teaching, Congolese TGS, PE, College.

1. INTRODUCTION

La première session du conseil national de la culture physique et des sports recommandait la revalorisation du patrimoine sportif national, en d'autres termes, le retour à la pratique des disciplines sportives traditionnelles [1]. Cette revalorisation devrait également faciliter l'intégration des Jeux et Sports Traditionnels (JST) Congolais dans des institutions solidement structurées telles que l'école, l'armée et les mouvements de jeunes. Les JST représentent un patrimoine extrêmement riche, développant des qualités telles que l'aiguinement de la réflexion, l'éducation et la

sociabilité [2]. Ils offrent également une fenêtre sur une culture et une époque particulières, regroupant aussi bien des jeux d'adresse que des jeux de réflexion.

Par ailleurs, les jeux permettent aux enfants de s'exprimer à travers le mouvement et le langage, soulignant ainsi l'importance de créer un environnement scolaire qui répond à leur besoin de jouer et d'apprendre en collaboration avec d'autres élèves. L'article 31 de la Convention des Nations Unies relative aux droits de l'enfant reconnaît le rôle crucial du jeu dans la vie des jeunes, soulignant leur droit à des activités récréatives orientées vers des fins éducatives.

Des travaux antérieurs, menés par Lembé et al. (2019) [3], ont examiné l'inclusion des jeux et sports traditionnels dans le système éducatif congolais. Leurs résultats ont montré que les leçons d'Éducation Physique à l'école primaire contribuent à améliorer les habiletés sociomotrices et les habiletés liées au fonctionnement du groupe des élèves. Malgré ces bénéfices, les JST ne sont pas intégrés dans les curricula actuels de l'enseignement de l'éducation physique au collège.

Face à ce constat, il devient pertinent de se demander : Quel est l'obstacle entravant l'enseignement des Jeux et Sports Traditionnels Congolais dans l'éducation physique au collège ?

Pour répondre à cette question, nous avançons l'hypothèse que la méconnaissance de l'enseignement des jeux et sports traditionnels congolais résulte de l'absence de programmes d'enseignement dans le livre programme de l'INRAP au collège. Ainsi, notre étude poursuit un double objectif : identifier les connaissances sur les JST congolais et analyser les raisons de leur non-enseignement dans la formation initiale des élèves professeurs en EPS. L'intérêt de cette recherche réside dans la démonstration de la nécessité d'intégrer les JST Congolais dans l'enseignement de l'EPS au collège, en vue de leur vulgarisation et de leur pérennisation, conformément aux recommandations de la Conférence Internationale de l'UNESCO [4] sur l'Éducation Physique et Sportive de qualité.

2. MATERIEL ET METHODES

L'étude qui a été menée à l'Institut Supérieur d'Éducation Physique et Sportive (ISEPS) du 10 juillet au 26 septembre 2021 était de type transversal et analytique. Elle a impliqué des étudiants stagiaires en formation dans le seul institut de formation des cadres en EPS au Congo-Brazzaville.

2.1. Population et échantillon

La population source de l'étude était constituée de 770 étudiants inscrits à l'ISEPS au cours de l'année académique 2020-2021. De cette population source et à partir d'un tirage au sort aléatoire sans remise, une population effective de 210 enseignants d'EPS, étudiants fonctionnaires en stage de formation continue à l'Institut Supérieur d'Éducation Physique et Sportive, a été dérivée. À partir de cette population effective, une population réelle de 150 enseignants stagiaires a été dégagée après un tirage aléatoire sans remise. Il s'agissait d'étudiants inscrits en licence (Sport, EPS et Supervision) et en master (Sport, EPS et Supervision).

De ces 150 enseignants d'EPS, 128 étudiants-stagiaires ont été sélectionnés et répartis en deux groupes : le groupe 1, composé de 64 étudiants-stagiaires titulaires du diplôme de CAPAEPS, et le groupe 2, composé de 64 étudiants-stagiaires titulaires d'un diplôme de DMEPS. Les critères d'inclusion étaient les suivants :

- Être inscrit régulièrement au titre de l'année académique 2020-2021 à l'ISEPS ;
- Être Maître d'EPS ou Professeur Adjoint (licence et Master) ;
- Avoir répondu à tous les items et restitué le questionnaire.

Les critères d'exclusion étaient les suivants :

- Non-inscrits à l'ISEPS ;
- Titulaires d'un CAPEPS ;
- N'ayant pas totalement répondu au questionnaire.

Le questionnaire, comprenant quinze (15) questions réparties en trois parties (partie I : les caractéristiques socioprofessionnelles des enquêtés - 4 questions ; partie II : la connaissance et les valeurs des Jeux et Sports Traditionnels - 7 questions ; partie III : l'intégration des JST - 4 questions), a été adressé à ces 120 sujets. Par ailleurs, huit (8) enseignants d'EPS actifs ont participé à un entretien semi-direct.

Tableau 1 : Répartition des effectifs et pourcentages selon le département de service.

Département de service	Effectif	(%)
Brazzaville	35	29,16
Bouenza	16	13,33
Cuvette	6	05,00
Cuvette Ouest	0	00,00

Kouilou	7	05,83
Lekoumou	3	02,50
Likouala	4	03,33
Niari	13	10,83
Plateaux	6	05,00
Pointe-Noire	12	10,00
Pool	14	01,66
Sangha	4	03,36
Total	120	100

(Source : Prince NZOBO-MAVOUNGOU, 2021)

2.2. Méthode et outils de collecte des données

Pour cette étude, une approche mixte (quantitative et qualitative) a été adoptée. Le questionnaire et l'entrevue ont été les deux instruments utilisés pour recueillir les pratiques déclarées, c'est-à-dire les intentions, les choix et les décisions des participants. Ces méthodes de collecte de données ont donc été privilégiées dans cette étude.

2.3. Le traitement statistique

Afin de mieux comprendre les résultats recueillis et leur donner une signification logique à notre interprétation, le traitement des données s'est basé sur le calcul des indices de tendance centrale de la statistique descriptive : les effectifs, les pourcentages et les moyennes arithmétiques (dans le cas de l'âge des sujets). Par ailleurs, la recherche de l'association entre les opinions des enquêtés et les réponses émises "oui", "non" au niveau de certains items a fait appel au test de Chi-deux. Le seuil de signification statistique du test a été fixé à 5%.

3. RESULTATS

3.1. Résultats du questionnaire

Les connaissances des enquêtés sur les JST congolais sont présentés sans le tableau 1.

Tableau 1 : Opinions des enquêtés sur la connaissance des JST Congolais.

	Effectif (n)	%	Chi-carré	P
Oui	101	84,16	34,76	< 0,0001
Non	19	15,84		
Total	120	100		

Parmi les enquêtés, la différence entre les groupes "Oui" et "Non" est statistiquement significative (84,16% vs 15,84%; $p < 0,0001$). Cela pourrait indiquer que la connaissance des JST Congolais varie de manière significative entre les deux groupes.

Tableau 2 : Répertoire des JST Congolais, cités par les enquêtés en langues nationales.

Différents JST cités	Nombre de citations
Ndzango	60/120
Minoko	14/120
Lipato	45/120
Tabaditabadio	10/120
Pongo	02/120
Silicoté	35/120
Likolo	25/120
Kongo	05/120
Coucoulélombé	21/120
Massouemé	01/120
Toto-tiré nama	05/120
Nzika ou Kandi	14/120
Kanga Lopanga	01/120
Nani akoti na lopango na nga	03/120
Singa	01/120
Mozindo	01/120
Hehoula (danse)	01/120
Nani ku dia madesso ngani	01/120
Ngola	08/120
Le fiela	03/120
Saka za tangu	01/120

Koussaya	01/120
Saka za nzari	01/120
Tchenda (Lancement d'une roue)	01/120
Lemonga (Opposition main et pieds par groupe)	01/120
Ekonga	01/120
Amahoulé	01/120
Libanda	01/120
Din Din le Maître	02/120
Ekienga	01/120
Mbunga (Ndzango garçon)	01/120
Jeu de matadi	05/120

Les enquêtés ont cité un total de trente-deux Jeux et Sports Traditionnels (JST), dont le Ndzango (60 fois/120, soit 50%), Lipato (45 fois/120, soit 37,5%), Silicoté (35 fois/120, soit 29,16%), Jeu de likolo (25 fois/120, soit 20,83%), coucoulé lombé (21 fois/120, soit 17,5%), Minoko et Nzika ou Kandi (14 fois/120, soit 11,66%), Tabaditabadio (10 fois/120, soit 8,33%), Ngola (8 fois/120, soit 6,66%), Kongo, Toto tiré nama et Jeu de Matadi (5 fois/120, soit 4,16%), Nani akoti na lopango na nga et Le fiela (3 fois/120, soit 2,5%), Din din le maître (2 fois/120, soit 1,66%), Libanda, Ekienga, Mbunga, Tchenda, Lemonga, Ekonga, Amahoulé, Massouémé, Kango lopango, Singa, Mozindo, Hehoula, Nani ku dia madesso ngani, Saka za tangu, Koussaya, et Saka za nzari (1 fois/120, soit 0,83%). Il est évident que les interrogés possèdent une très bonne connaissance des Jeux et Sports Traditionnels Congolais.

Quant aux connaissances des enquêtés sur la pratique ou non des JST au sein de la jeunesse Congolaise, les opinions sont répertoriées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Réponses des enquêtés sur la pratique des JST pendant l'enfance.

Réponses	Effectif (n)	%	Chi-carré	P
Oui	114	95	43,74	< 0,0001
Non	06	05		
Total (N)	120	100		

La différence entre les groupes "Oui" et "Non" en termes de pratique des Jeux et Sports Traditionnels pendant l'enfance est statistiquement significative ($p < 0,0001$). Les résultats suggèrent qu'il existe une association significative ($p < 0,0001$) entre les réponses des enquêtés (Oui ou Non) concernant la pratique des JST pendant leur enfance. Cela pourrait indiquer que la pratique des JST pendant l'enfance varie de manière significative entre les deux groupes.

Tableau 4 : Valeurs développées par les JTS citées par les enquêtés.

Autres valeurs	Effectif (n)	Pourcentage (%)
Affectives	04/120	3.3
Confiance de soi	02/120	1.7
Considération des autres	02/120	1.7
Intellectuelles	30/120	25
L'amour du prochain	01/120	0.8
La cohésion	02/120	1.7
Les habiletés Psychomotrices	03/120	2.5
Les habiletés Sociomotrices	02/120	1.7
Mentales	05/120	4.2
Morales	05/12	4.2
Motrices	06/120	5
Physiologiques	05/120	4.2
Physiques	04/120	3.3
Psychologiques	04/120	3.3
Relationnelles	05/120	4.2
Respect d'autrui	02/120	1.7
Sociales	35/120	29.2
Socio-Affectives	01/120	0.8
Sportives	02/120	1.5

Parmi les valeurs que la pratique des Jeux et Sports Traditionnels (JST) peut développer, telles qu'identifiées par les enquêtés, les valeurs sociales occupaient le premier rang (29,2%), suivies des valeurs intellectuelles (25%) et motrices (5%). En revanche, les valeurs mentales, morales et relationnelles (4,2%), les valeurs affectives, physiques, psychologiques et physiologiques (3,33%), les habiletés psychomotrices (2,5%) et sportives (1,5%), ainsi que la

confiance en soi, la considération des autres, la cohésion, le respect d'autrui et les habiletés sociomotrices, n'ont été mentionnés que par 1,7% des enquêtés. Enfin, l'amour du prochain représente une valeur moins fréquemment citée, avec seulement 0,8%.

En outre, le tableau 5 se concentre sur les opinions des enquêtés concernant la place des JST dans l'enseignement de l'éducation physique au Congo. Ces résultats peuvent offrir des informations approfondies sur les attitudes et les perspectives des enseignants d'éducation physique envers l'intégration des JST dans le programme éducatif. Ces données pourraient révéler des tendances significatives et fournir des bases pour des recommandations visant à définir le rôle des JST dans le contexte éducatif congolais.

Tableau 5 : Opinions des enquêtés sur la prise en compte des JST en EPS au collège.

Items		Effectif (n)	%	Chi-carré	P
Prise en compte des JST au collège	Oui	106	88,33	33,40	<0,0001
	Non	14	11,67		
Intégration des JST en éducation physique	Oui	98	81,7	31,45	<0,0001
	Non	22	18,33		
Total		120	100		

Les résultats indiquent que la majorité des enquêtés (88,33%) estiment que les JST sont pris en compte au collège en EPS, avec une association statistiquement significative. Les résultats suggèrent qu'il existe une association significative entre les opinions des enquêtés sur la prise en compte des JST au collège et leur intégration en éducation physique. Les résultats indiquent que la majorité des enquêtés (81,7%) estiment que les JST sont intégrés en éducation physique au collège, avec une association statistiquement significative (<0,0001).

3.1. Résultats de l'entretien

Q1- Que pouvez-vous nous dire des JST ? Par cette question nous voulons savoir si les enseignants ont une connaissance sur les JST, afin de mieux comprendre leurs réflexions cognitives. Comme l'illustrent les extraits des verbatim ci-après :

- ES1 « non règlementée, logique interne »
- ES2 « jeux non règlementés ».
- ES4 « ancêtres, inventés pour se distraire ».
- ES5 « jeux culturels, milieu social, dimensions ».
- ES6 « ne sont pas institutionnalisés ».
- ES8 « sans distinction d'âge, ni de sexe ».

Q4- les JST font partie de notre culture comment peut-on les revaloriser et les pérenniser ?

Ici, nous voulons vérifier si les enseignants d'EPS du collège connaissent les moyens de revalorisation et de pérennisation des JST Congolais. Les extraits de verbatim ci-dessous illustrent bien cette idée d'ES1, ES2, ES3, ES5, ES6, ES7, et ES8.

ES1 « établissements scolaires (primaire et secondaire), parlementaires doivent adoptés des lois et textes »

ES2 « journées culturelles, en EPS, système éducatif Congolais »

ES3 « journées culturelles, l'école, formation des élèves »

ES5 « système éducatif Congolais »

ES6 « système éducatif Congolais, enseignés à l'ISEPS »

ES7 « système éducatif, reconnu, pratiqués du nord au sud, de l'est à l'ouest »

ES8 « codifier, système éducatif, EPS au collège »

4. DISCUSSION

4.1. Discussion du questionnaire

Cette étude a été entreprise dans le but de démontrer la place des Jeux et Sports Traditionnels (JST) congolais dans l'enseignement de l'Éducation Physique et Sportive (EPS) au collège, en mettant en lumière les valeurs socio-éducatives, socioculturelles et normatives qu'ils véhiculent dans la société. De plus, elle vise à faire des pratiques corporelles, un moyen d'enseignement de l'EPS à l'école, conformément aux recommandations de l'UNESCO [4], qui exige des études convaincantes dans ce domaine. L'intérêt de cette recherche est soutenu par un objectif principal et des objectifs secondaires, notamment :

- Identifier les raisons du non-enseignement des JST congolais en EPS au collège.
- Identifier les opinions des enseignants d'EPS sur les JST congolais et leurs impacts sur les élèves du collège.
- Identifier et analyser les facteurs associés à la prise en compte des JST par les enseignants d'EPS lors des séances d'EPS.

Au début de l'étude, en tenant compte de la connotation sociologique des curricula et de l'approche socioconstructiviste de l'apprentissage, nous avons supposé que les JST étaient pratiqués selon des logiques internes bien déterminées, constituant ainsi les savoirs endogènes de l'activité corporelle. En outre, l'intégration des JST dans l'enseignement de l'EPS au collège était envisagée comme un moyen de réappropriation, d'expérimentation et de pérennisation de ces pratiques en République du Congo. Cette conception a guidé notre étude initiale, nous permettant de connaître les différents JST congolais, leurs valeurs, et les raisons de leur absence dans l'enseignement du secondaire premier degré.

Les résultats présentés dans le tableau 1 démontrent que les réponses "oui" des participants concernant leur connaissance des Jeux et Sports Traditionnels congolais sont significativement plus élevées que celles des répondants "non" (84,16% vs 15,84%, $p < 0,0001$). Cette disparité peut s'expliquer par le fait que les enquêtés ont joué aux JST pendant leur enfance, comme le montrent les résultats du tableau 3 avec 114 sujets par rapport à 6 (95% vs 5%, $p < 0,001$). L'identité culturelle, selon Ferret [5], repose sur la reconnaissance d'un groupe par certaines pratiques, et les enquêtés ayant pratiqué les JST pendant leur enfance semblent bien les connaître, car ils font partie intégrante de leur milieu de vie et de leur culture.

En ce qui concerne la citation des JST congolais en langues nationales (Tableau 2), 101 sujets, soit 84,16%, ont cité divers JST, démontrant ainsi une connaissance approfondie de ces pratiques. Cette variété de Jeux et Sports Traditionnels témoigne de la richesse du patrimoine culturel immatériel congolais. Ces pratiques devraient être intégrées dans les séances d'EPS au collège, car elles permettraient aux élèves de promouvoir leur identité culturelle lors des échanges avec d'autres élèves d'autres pays et continents, contribuant ainsi à la préservation de leur patrimoine. Le patrimoine, défini par Ratsimbazafy [6], comprend des rites, objets culturels, et valeurs traditionnelles orales qui sont transmis de génération en génération. Les Jeux et Sports Traditionnels sont une composante essentielle de ce patrimoine, représentant un héritage culturel riche.

Les réponses des enquêtés présentées dans le tableau 3 indiquent que 114 sujets, soit 95%, ont joué aux JST pendant leur enfance, avec une moyenne d'âge de 12 ans. Étant donné que les enquêtés sont nés dans cette culture et que les JST font partie de leur quotidien, il est logique qu'ils les aient pratiqués. Cela rejoint la perspective de Platon, cité par Assaf [7], qui soutient que les jeux sont un moyen efficace d'éduquer le corps et l'esprit des enfants. Il est donc raisonnable d'insérer les JST dans le cycle de l'enseignement au collège, car les enquêtés les ont pratiqués jusqu'à cet âge. L'activité motrice, selon Piaget [9], est la base du développement intellectuel de l'enfant, et le jeu, avec ses aspects moteurs, symboliques, imaginaires, contribue à ce développement.

Concernant les valeurs développées par les JST, les données du tableau 4 indiquent que les valeurs sociales occupent le premier rang (29,2%), suivies des valeurs intellectuelles (25%) et motrices (5%). Les autres catégories comprennent des valeurs mentales, morales, relationnelles (4,2%), affectives, physiques, psychologiques et physiologiques (3,33%), habiletés psychomotrices (2,5%), sportives (1,5%), et diverses habiletés sociomotrices et morales, citées par 1,7% des enquêtés. Ces résultats confirment que les JST développent diverses valeurs chez les pratiquants, et leur enseignement en EPS favoriserait le développement des différentes dimensions de la personnalité de l'élève. Ces valeurs sont en accord avec les enjeux que les JST développent, tels que la communication, la socialisation, l'adresse, l'attention [10].

Les résultats du tableau 5 montrent que les réponses "oui" des enquêtés sont significativement plus élevées que celles des répondants "non" (88,33% vs 11,67%, $p < 0,0001$). Les jeux sont présentés comme des créations culturelles et le fruit de l'histoire, faisant partie du patrimoine culturel de l'humanité. Les JST représentent une ethnomotricité ludique qui incarne la culture mise en actes, une culture revivant dans les gestes du corps. Les jeux sont ainsi considérés comme un lieu de mémoire riche en symbolique évocatrice. Cette étude soutient l'affirmation selon laquelle le jeu fait partie du patrimoine culturel de l'humanité et contribue à l'identité culturelle congolaise.

En ce qui concerne l'intégration des JST en éducation physique, les résultats indiquent que les réponses "oui" sont significativement plus élevées que celles des répondants "non" (81,67% vs 18,33%, $p < 0,0001$). Les JST préparent les enfants aux rôles qu'ils occuperont à l'âge adulte, contribuent à sauvegarder l'identité culturelle nationale, et participent à la formation physique, sociale, culturelle, intellectuelle et psychique des élèves [7]. Ils sont considérés comme un moyen de scolarisation, de socialisation et d'intégration des enfants. Ainsi, l'intégration des JST dans l'enseignement de l'éducation physique en République du Congo et en Afrique noire sub-saharienne est une voie privilégiée pour atteindre les objectifs de l'éducation physique et favoriser l'appropriation de la culture.

4.2. Discussion des entretiens

Concernant la question n°1 (Que pouvez-vous nous dire des JST) :

Parmi les huit (8) enseignants interviewés, six (6) ont participé, représentant ainsi un taux de participation de 75%, tandis que deux (2) enseignants n'ont pas fourni de réponse, constituant un taux de non-réponse de 25%. Ce niveau élevé de participation suggère que les Jeux et Sports Traditionnels sont bien ancrés dans notre culture et que les enseignants d'Éducation Physique et Sportive (EPS) au collège possèdent une connaissance approfondie de ce sujet.

Les définitions fournies indiquent que les JST sont perçus comme des activités de distraction intégrées à notre société. Conformément à la conceptualisation de Parlebas [13], les Jeux et Sports Traditionnels sont définis comme des activités ludiques souvent enracinées dans une tradition culturelle, bien que non officiellement consacrées par des instances institutionnelles. En résumé, le jeu traditionnel est caractérisé comme un ensemble d'actions motrices règlementées, compétitives et non institutionnalisées.

En abordant la question n°4 (Les JST font partie de notre culture, comment peut-on les revaloriser et les pérenniser ?) parmi les huit (8) enseignants interrogés :

Les résultats indiquent que sept (7) enseignants ont fourni des suggestions pour la revalorisation et la pérennisation, représentant ainsi un taux de réponse de 87,5%, tandis qu'un (1) enseignant n'a pas répondu à cette question, constituant un taux de non-réponse de 12,5%. Les enseignants expriment l'opinion que les Jeux et Sports Traditionnels congolais devraient être intégrés dans le système éducatif, en particulier dans l'enseignement de l'EPS au collège, afin d'être revalorisés et préservés de la disparition.

Cette disparité de pourcentages suggère de manière significative que les enseignants possèdent une connaissance approfondie des JST et reconnaissent leur importance dans le développement global de l'élève. En accord avec Assaf [7], les Jeux et Sports Traditionnels participent activement à la formation physique, sociale, culturelle, intellectuelle et psychique des élèves. Assaf souligne que le jeu contribue à la formation de l'enfant et joue un rôle crucial dans son affirmation de soi et dans la construction de sa personnalité motrice, sociale et psychique.

5. CONCLUSION

L'étude souligne la diversité des Jeux et Sports Traditionnels (JST) en République du Congo, tels que l'Ekienga, le Toto tiré nana, le Ndzango, le Lipato, qui ont démontré leur impact positif sur les cinq dimensions de la personnalité de l'enfant, à savoir les dimensions cognitive, affective, relationnelle, biologique et décisionnelle. En conséquence, l'intégration des Activités Physiques et Traditionnelles (APT) dans le cadre de l'éducation physique, particulièrement en République du Congo et plus largement en Afrique noire sub-saharienne, en tenant compte des valeurs endogènes, émerge comme une stratégie prometteuse pour la réalisation des objectifs de l'éducation physique et la préservation de la culture.

6. REFERENCES

1. Parlebas P. *Jeux, sports et sociétés : lexique de praxéologie motrice*. Paris, France : INSEP, 1981.
2. Lafay G. *Les jeux traditionnels et patrimoniaux*, AC15, Séance du 11/01/2012 à l'IN de MOINS, 2012.
3. Lembe G., Ewamela A, Massamba A. contribution de l'enseignement des activités physiques traditionnelles aux savoirs en éducation physique à l'école primaire au Congo Brazzaville. *Am. J. Innov. Res. Appl. Sci.* 2019; 9(6):425-433.
4. UNESCO. Conférence générale, 33e session, Paris, 2005. Rapport préliminaire sur l'opportunité et la portée d'une charte internationale des jeux et sports traditionnels. Paris, France : UNESCO, 2005.
5. Ferret C. L'identité, une question de définition., *Cahiers d'Asie centrale*. 2011, 459-461.
6. Ratsimbazafy E. Deux pratiques traditionnelles de combat à Madagascar, Savika du Betsiole et Moraingy du Menabe, signification historique, sociale et culturelle. *Thèse de Doctorat nouveau régime*, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Université de Réunion, 2006.
7. Assaf T. La place des jeux traditionnels dans l'EPS : Analyse socio-historique de 1891 à nos jours : le cas de la Gironde. *Thèse de doctorat*, Université de Bordeaux 2, Paris, France. 2010.
8. Leyinda A.P. La motricité ludique d'une société africaine : analyse structurale des jeux traditionnels des peuples Ndzébi du Congo Brazzaville. Thèse de doctorat en Sociologie. Université Paris Cité - BU St-Germain-des-Prés. 2005
9. Piaget J. *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*. Paris, France : Editions Delachaux et Nestlé, Neuchâtel, 1994.
10. Mawete S. Le Jeu : un outil pédagogique pour l'apprentissage. Brazzaville, Congo. *Annales de l'Université Marien NGOUABI*. 2006 ; 7 : 15-28.
11. Parlebas P. Jeu est un autre, *Revue VEN des Ceméa*. 2016 ; 561 : 18-25.
12. Collard L. *Sport et agressivité*. Méolans-Revel : Ed. Déslris, 2004.
13. Parlebas P. *Jeux, sports et sociétés : Lexique de praxéologie motrice*. Paris : INSEP-Éditions, 1999.



How to cite this article: LEMBE Gorgon, NZOBO-MAVOUNGOU Prince et NSITA KOUSSSIAMA Judicaël. ENJEUX ET PERSPECTIVES DE L'ENSEIGNEMENT DES JEUX ET SPORTS TRADITIONNELS CONGOLAIS EN EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE AU COLLEGE. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023;17(6): 34-40. DOI : 10.5281/zenodo.10246764

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

ÉTUDE APPROFONDIE DE LA CONTAMINATION CHIMIQUE PAR LE SULFATE D'ALUMINE ET LA CHAUX VIVE DANS LES EAUX DU LAC TSIANDRAZANDOHA, AMBOSITRA, MADAGASCAR : CARACTERISATION ET CONTROLE



IN-DEPTH STUDY OF CHEMICAL CONTAMINATION BY ALUMINUM SULFATE AND QUICKLIME IN THE WATERS OF LAKE TSIANDRAZANDOHA, AMBOSITRA, MADAGASCAR: CHARACTERIZATION AND CONTROL

| **Andry Harinaina, Rabearisoa^{1*}** | **Bertrand, Manjolongo¹** | et | **Ravo Victoire, Nasolomampionona¹** |

¹ Université de Fianarantsoa | Sciences et technologies | Fianarantsoa | Madagascar |

| DOI: [10.5281/zenodo.10247271](https://doi.org/10.5281/zenodo.10247271) | Received October 25, 2023 | Accepted November 28, 2023 | Published December 02, 2023 | ID Article | Andry-Ref1-5-17ajiras251123 |

RESUME

Introduction : Le lac Tsiandrazandoha est exposé à des risques de pollution (utilisation d'engrais, rejets domestiques) susceptibles d'altérer la qualité de ses eaux. **Objectifs :** Evaluer la qualité physico-chimique du lac et éliminer des contaminants (ammonium, nitrites, nitrates, phosphates) par essais de coagulation/floculation au sulfate d'aluminium et à la chaux. **Méthodes :** Vingt échantillons d'eau ont été prélevés au point de captage d'eau de la JIRAMA à TSIANDRAZANDOHA, et divers paramètres tels que la température, le pH, la conductivité électrique, la turbidité, le titre alcalimétrique complet, le sulfate, le magnésium, le calcium, le fer total, l'ammonium, le nitrite, le nitrate, le phosphate, et les matières organiques ont été analysés pour les eaux brutes. Ces échantillons ont ensuite été soumis à l'essai Jar-test avec une agitation rapide à 100 tours par minute pendant 2 minutes et une agitation lente à 40 tours par minute pendant 20 minutes. L'efficacité du traitement a été mesurée par le taux d'abatement de l'ammonium, du nitrite, du nitrate et du phosphate, ainsi que par la capacité des coagulants à neutraliser l'acidité de l'eau. **Résultats** Les résultats d'analyse révèlent des contaminations chimiques, notamment des niveaux élevés de fer total ($1,14 \pm 0,55$ mg/L), d'ammonium ($0,52 \pm 0,26$ mg/L), de nitrite ($0,29 \pm 0,076$ mg/L avec un maximum de 0,4 mg/L), de nitrate ($9,47 \pm 3,27$ mg/L), de phosphate ($3,33 \pm 1,24$ mg/L) et de matières organiques ($3,75 \pm 1,33$ mg/L), démontrant une acidité avec un pH moyen de 5 pour la plupart des échantillons. Selon les paramètres testés, les doses optimales de sulfate d'aluminium (12 mg/L) et de chaux vive (7 mg/L) ont permis des taux d'abatement respectifs de 99%, 100%, 98%, et 96% pour l'ammonium, le nitrite, le nitrate, et le phosphate. L'ajout de chaux vive a neutralisé l'acidité de l'eau, la rendant ainsi propre à la consommation humaine. **Conclusion :** Le traitement par coagulation/floculation a nettement amélioré la qualité de cette eau de consommation en éliminant les contaminants chimiques.

Mots clés : coagulation-floculation, physico-chimique, lac TSIANDRAZANDOHA, contrôle chimique, essai de jar-test

ABSTRACT

Introduction: Lake TSIANDRAZANDOHA is exposed to pollution risks associated with surrounding activities, such as the use of chemical fertilizers in agricultural lands, potentially transporting contaminants into the lake through the soil, as well as domestic discharges. **Objectives:** This study aims to assess the physico-chemical quality of the lake and eliminate chemical contaminants such as ammonium, nitrite, nitrate, and phosphate through Jar-test experiments using aluminum sulfate and quicklime as coagulants and neutralizers. **Methods:** Twenty water samples were collected from the JIRAMA water intake point in TSIANDRAZANDOHA, and various parameters such as temperature, pH, electrical conductivity, turbidity, complete alkalimetric titre, sulfate, magnesium, calcium, total iron, ammonium, nitrite, nitrate, phosphate, and organic matter were analyzed for raw water. These samples were then subjected to Jar-test with rapid agitation at 100 revolutions per minute for 2 minutes and slow agitation at 40 revolutions per minute for 20 minutes. The treatment's efficiency was measured by the reduction rates of ammonium, nitrite, nitrate, and phosphate, as well as the coagulants' capacity to neutralize water acidity. **Results:** The analysis results reveal chemical contaminations, including elevated levels of total iron (1.14 ± 0.55 mg/L), ammonium (0.52 ± 0.26 mg/L), nitrite (0.29 ± 0.076 mg/L with a maximum of 0.4 mg/L), nitrate (9.47 ± 3.27 mg/L), phosphate (3.33 ± 1.24 mg/L), and organic matter (3.75 ± 1.33 mg/L), demonstrating acidity with pH = 5 for most samples. According to the tested parameters, optimal doses of aluminum sulfate (12 mg/L) and quicklime (7 mg/L) resulted in reduction rates of 99%, 100%, 98%, and 96% for ammonium, nitrite, nitrate, and phosphate, respectively. The addition of quicklime neutralized water acidity, making it suitable for human consumption. **Conclusion:** In conclusion, after controlling chemical contamination, the quality of water intended for consumption has been improved, demonstrating the effectiveness of the treatment.

Keywords: coagulation-flocculation, physico-chemical, Lake TSIANDRAZANDOHA, chemical control, Jar-test experiment.

1. INTRODUCTION

La JIRAMA d'Ambositra exploite le lac TSIANDRAZANDOHA comme source d'approvisionnement pour le traitement de l'eau potable destinée à la distribution aux habitants du village. De même, les résidents de la commune d'Ankazoambo ont la possibilité d'utiliser cette ressource pour l'irrigation de leurs terres agricoles. Malheureusement, le lac est aujourd'hui menacé par la pollution environnementale, notamment le rejet d'eaux usées domestiques, industrielles et agricoles dans le milieu naturel sans traitement préalable, le changement climatique, la minéralisation, les activités

récréatives et les pluies acides [1, 2]. Les contaminants de surface provenant des engrais peuvent pénétrer dans le sol jusqu'à la nappe phréatique et atteindre le lac [3] ou emporter par des débris animaux ou végétaux due à l'érosion du sol pendant la période pluvieuse [4]. Le risque de contamination dépend ainsi du type et de la concentration du contaminant. Cette ressource en eau est donc confrontée à des problèmes de qualité quelle que soit sa quantité qui pourrait présenter des dangers potentiels pour la santé humaine.

Afin de rendre les eaux du lac consommable par les habitants de la commune d'Ambositra, des processus coagulation-floculations sont utilisés par la JIRAMA dans les étapes de traitement de l'eau. Ces processus, s'appelant le Jar-test initialement dans les essais de laboratoire, s'agissent d'un traitement de clarification d'une eau quelconque qui consiste à lui ajouter un agent coagulant et ou un agent floculant de façon à obtenir des agrégats décantables à partir des matières en suspension ou des éléments minéraux ou organiques dissous [5]. Durant le processus, l'utilisation des agents sulfate d'alumine et chaux vive permet un traitement efficace pour éliminer les éléments chimiques indésirables provenant des effluents domestiques, agricoles et industriels due aux activités anthropiques. Plusieurs études ont montré que ces produits sont destinés aux traitements des eaux usées, d'effluents industriels, des eaux de surface et de baignade et puis qui respectent la norme NF EN ISO 7027-2 [5, 6, 7]. L'efficacité de cette étape de traitement est liée au pH, au type et au dosage du coagulant ainsi qu'à la nature des particules et des matrices minérales et organiques [5, 8]. Donc, l'injection et la dispersion de ces produits chimiques dans l'eau favorise l'agglomération des contaminants. Cette étude a pour objectif d'une part d'apporter une évaluation sur la qualité physico-chimique de l'eau du lac afin de rendre l'eau consommable par la population, et d'autre part la mise en évidence de l'efficacité de sulfate d'alumine et de la chaux vive d'éliminer les polluants chimiques tels les ammoniums, les nitrates, les nitrites, les phosphates totaux.

2. MATERIELS ET METHODES

2.2 Zone d'étude

La commune rurale d'Ankazoambo est située entre les longitudes Est 47.227 et 47.269, et les latitudes Sud -20.58 et -20.55, à 9 km de la commune urbaine d'Ambositra dans la région Amoron'i Mania, sur les hauts plateaux de Madagascar [9]. Dans cette commune se trouve le lac TSIANDRAZANDOHA, et un réseau d'eau de la JIRAMA (Compagnie d'eau Nationale) est en place pour puiser l'eau du lac et la distribuer dans la commune d'Ambositra [10]. La consommation d'eau dans le milieu rural est assurée par un système d'adduction d'eau potable. Seule la commune urbaine d'Ambositra bénéficie de la distribution d'eau potable par la JIRAMA [11]. Ce lac est exposé à des risques de pollution environnementale en raison de son utilisation par les habitants environnants pour le lavage du linge, l'irrigation des terres agricoles situées à environ 5 mètres, et certaines personnes lavent également des cuillères et des marmites au bord du lac.

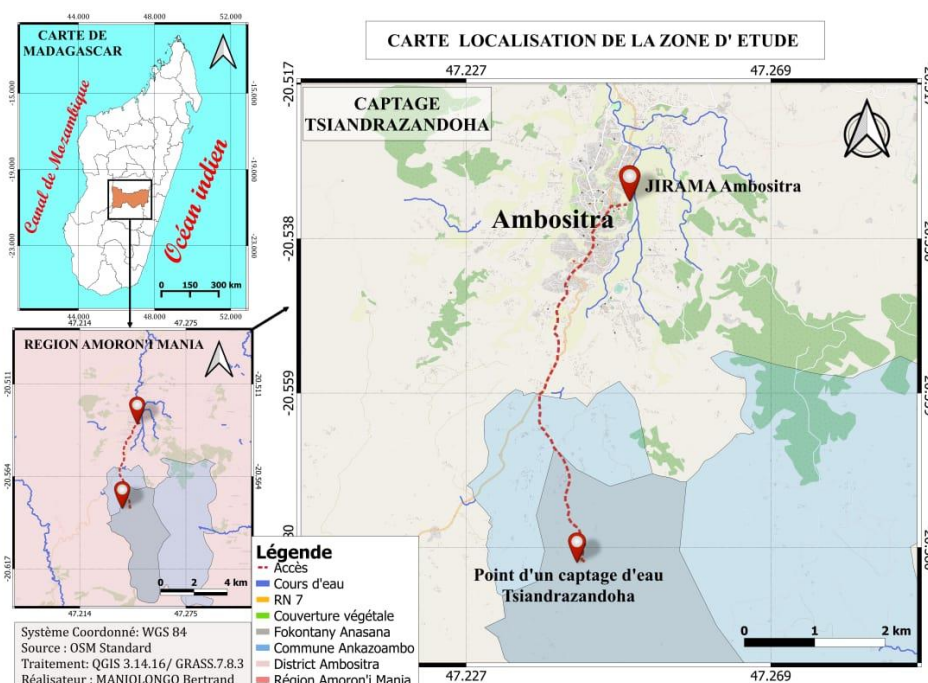


Figure 1 : Cartographie de la zone de captage TSIANDRAZANDOHA.

2.3 Echantillonnage de l'eau

Pendant la campagne d'échantillonnage, 20 prélèvements d'eau du lac TSIANDRAZANDOHA ont été réalisés au niveau du pont de captage d'eau de la JIRAMA sur une période de 10 jours, au cours du mois de juin 2023, au niveau de

l'entrée d'eau du barrage de la JIRAMA. La collecte des échantillons d'eau brute a eu lieu quotidiennement à 8 heures du matin. À cet effet, des bouteilles en plastique polyéthylène d'une capacité d'un litre ont été utilisées pour recueillir les échantillons. Elles ont été préalablement rincées trois fois à l'eau du robinet, puis quatre fois avec l'échantillon d'eau du lac avant le prélèvement. Les échantillons ont été étiquetés, conservés et transportés dans une glacière à une température de 6 °C, à l'abri de la lumière et des bactéries. À leur arrivée au laboratoire, ces échantillons ont été stockés au réfrigérateur à 4 °C jusqu'à leur analyse. Après le traitement de l'eau brute, les eaux traitées pendant les essais de Jar-test ont été directement analysées dans le laboratoire afin de comparer les valeurs obtenues avant et après le traitement.

2.3 Analyse physico-chimique de l'eau

Des analyses physico-chimiques ont été conduites quotidiennement sur des échantillons d'eau prélevés afin d'évaluer l'efficacité du processus de coagulation-floculation par sulfate d'alumine et chaux vive. Ces analyses visaient à déterminer la présence de substances chimiques dans l'eau, provenant d'activités humaines ou de phénomènes naturels, susceptibles d'avoir des implications néfastes pour la santé humaine. Les résultats obtenus ont été comparés à la norme de potabilité des eaux de consommation à Madagascar, établie par le décret n°2004-635 du 15 juin 2004 [12].

Pendant la campagne d'échantillonnage, des analyses physico-chimiques de l'eau du lac TSIANDRAZANDOHA ont été réalisées in situ, en suivant les méthodes décrites par Jean (2009) [13]. Les analyses ont porté sur les paramètres suivants : température, pH et conductivité électrique (CE).

Les paramètres tels que la turbidité, le titre d'alcalimétrie (TA) et le titre d'alcalimétrie complet (TAC), le sulfate (SO_4^{2-}), le magnésium (Mg), le calcium (Ca), le fer total, l'ammonium (NH_4^+), le phosphate total (PO_4^{3-}), le nitrite (NO_2^-) et le nitrate (NO_3^-) ont été mesurés in vitro.

Pour déterminer la teneur en fer total, une petite quantité de dithionite de sodium a été ajoutée à 100 ml d'eau à analyser. Le mélange a ensuite été agité pendant 2 minutes par un agitateur magnétique pour dissoudre complètement le réactif, en ajoutant simultanément 2 ml de diméthylglyoxime à 5 % et 16 à 20 gouttes d'ammoniaque à 10 %. Le mélange a été laissé reposer pendant 2 minutes. Après avoir soigneusement rincé les cuvettes, une cuvette a été remplie du mélange et l'autre d'eau colorée jusqu'au trait B. Les cuvettes ont été placées sur le comparateur, l'eau colorée du côté droit et l'eau à analyser de l'autre côté. La teneur en fer a été lue en comparant les deux solutions avec les plaques d'étalons.

Pour le TA et le TAC, deux gouttes de solution alcoolique de phénolphthaléine ont été ajoutées à 100 ml d'eau. Lorsque la solution a viré au rose (pH inférieur à 8,3), de l'acide sulfurique de concentration N/5 a été ajouté goutte à goutte jusqu'à ce qu'elle redevienne incolore (pH = 8,3). Si la solution est restée incolore (pH = 8,3), deux gouttes de solution d'hélianthine ont été ajoutées, et l'acide sulfurique a été à nouveau ajouté jusqu'à ce qu'elle vire au rouge (pH = 4,5).

Expression des résultats

$$TA = \frac{V}{5} \quad (1) \quad \text{et} \quad TAC = \frac{V'}{5} \quad (2)$$

Les équations (1) et (2) expriment respectivement le titre alcalimétrique (TA) et le titre alcalimétrie complet (TAC) en milliéquivalents par litre.

V : exprime le titre alcalimétrique en degrés français (1° f correspond à 10 mg de carbonate de calcium ou à 0,2 mEq/L) ;

V' : exprime le titre alcalimétrie complet en degré français (1° f correspond à 12,4 mg de carbonate de calcium ou à 0,24 mEq/L) ;

5 : correspond à la dilution de la concentration N de l'acide sulfurique (H_2SO_4) par un facteur 5.

$$TH \text{ (mg/L en } \text{CaCO}_3) = V1 \times EDTA \quad (3)$$

$$THCa \text{ (mg/L en } \text{CaCO}_3) = V2 \times EDTA \quad (4)$$

$$THMg \text{ (mg/L en } \text{CaCO}_3) = TH - THCa \quad (5)$$

V1 et V2 : volumes de l'EDTA utilisés ;

EDTA : concentration de la solution de l'EDTA exprimée en millimoles par litre ;

La concentration de calcium et celle de magnésium ont été calculées respectivement à partir de la dureté calcique (THCa) (équation 5) et de la dureté magnésium (THMg) (équation 6) selon les formules suivantes :

$$1^\circ \text{f de THCa} = 4 \text{ mg/L de } [Ca] \quad (5)$$

$$1^\circ \text{f de THMg} = 2,4 \text{ mg/L de } [Mg] \quad (6)$$

Les concentrations en chlorures a été déterminée par la méthode de Mohr décrit dans le protocole de Jean (2009) [13] et celle du sulfate a été trouvé grâce à la méthode gravimétrique [13]. La détermination de la teneur en phosphate

totale a été réalisée selon la méthode de dosage spectrométrique à l'aide du molybdate d'ammonium décrite par la norme ISO 6878 :1998 [14]. Pour déterminer la teneur en matières organiques, on a prélevé 100 ml d'eau, puis on a ajouté 5 ml de $NaHCO_3$ et 10 ml de $KMnO_4$. On a chauffé le mélange pendant 10 à 15 minutes sur un appareil de chauffage. On a ensuite ajouté 5 ml d' H_2SO_4 et 10 ml de sel de Mohr au mélange. On a titré le mélange avec $KMnO_4$ jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistante. Le volume de $KMnO_4$ utilisé a été relevé à ce point.

$$\text{Expression des résultats : } MO \text{ (mg/L)} = \text{Volume}(KMnO_4) - \text{Blanc} \quad (8)$$

Blanc : volume de $KMnO_4$ versé pour ce dosage (affichée sur la bouteille).

Les paramètres tels que l'ammonium, le nitrite et le nitrate ont été évalués à l'aide d'un spectrophotomètre ultraviolet de référence LU-1810D, en suivant les protocoles suivants :

Pour l'ammonium, 25 ml d'eau à analyser (eau brute ou eau traitée) ont été prélevés dans un bécher, auxquels ont été ajoutés 20 ml de trisodium citrate et 5 ml d'eau de Javel. De ce mélange, 2,5 mL ont été prélevés, puis mélangés à 1 mL de phénol et 1 mL de nitroprussite. En ce qui concerne le nitrite, qui s'oxyde facilement en nitrate, il a été déterminé en ajoutant une goutte d'acide phosphorique et 1 mL de réactif coloré à 50 mL d'eau à analyser. Le nitrate a été quantifié en utilisant l'équation 9 :

$$NO_3^- = (Nat - Nit) \times 4,443 \quad (9)$$

Où :

Nat : représente la valeur obtenue à l'écran du spectrophotomètre, **Nit** : est la valeur du nitrite, **NO₃⁻** : est la teneur en nitrate.

La concentration en Na^+ a été mesurée par spectrophotométrie UV en mélangeant 50 mL d'eau avec une goutte de NaOH et 1,25 mL de tampon concentré. La moitié de ce mélange a été utilisée comme blanc dans l'appareil, tandis que le reste a été additionné de 1 mL de réactif coloré.

2.4 Traitement de l'eau

Au cours du processus coagulation-floculation, les eaux brutes ont été neutralisées à l'aide de chaux vive. Afin d'évaluer l'efficacité des coagulants (sulfate d'alumine et chaux vive) sur l'ensemble des échantillons d'eau, des essais de Jar-test ont été réalisés au laboratoire de chimie de la JIRAMA Ambositra, utilisant un flocculateur ORCHIDIS équipé de six béchers ronds de 1000 mL chacun. Une hélice a été immergée dans chaque bécher rempli d'eau à analyser jusqu'au repère des 1000 mL. Le sulfate d'alumine a été injecté dans le mélange pour favoriser l'agglomération des précipités.

Pour chaque essai de Jar-test de Vittadini, l'eau a été agitée rapidement à 100 tr/min pendant 2 minutes. La vitesse d'agitation a ensuite été réduite à 40 tr/min pendant environ 20 minutes pour permettre la floculation des particules. Après l'arrêt de l'agitation, l'eau a été décantée pendant 30 minutes à une température de 20 °C. Enfin, 0,5 mL de surnageant a été prélevé dans chaque échantillon en vue de différentes analyses. Par la suite, les effluents décantés ont été soigneusement filtrés à l'aide de fioles équipées de papier filtre afin d'éviter tout passage de floc dans l'eau destinée à l'analyse. L'efficacité du traitement a été évaluée par le taux de réduction du nitrate, du nitrite, de l'ammonium et du phosphate dans les échantillons. Le calcul du taux d'achèvement de ces paramètres, exprimé en pourcentage, est basé sur l'équation 9 selon la méthode explorée par A. Hamdani et al., [15].

$$\% \text{achèvement} = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \quad (9)$$

Pour chaque paramètre à analyser, C_i désigne la concentration avant traitement de l'eau brute et C_f est la concentration après traitement.

2.5 Analyse statistique

Une analyse en composante principale a été réalisée sur une matrice de données regroupant les valeurs moyennes, minimales et maximales des différents paramètres physico-chimiques pour chaque point de mesure du lac. Ensuite, une analyse factorielle des correspondances simples a été effectuée pour ces paramètres. Cette analyse a permis d'identifier les corrélations des différents contaminants chimiques présents dans l'eau.

Le logiciel R version 4.3.2 a été utilisé pour ces analyses.

3. RESULTATS

3.1 Paramètres physico-chimiques de l'eau brute

Il est impératif d'évaluer la qualité de l'eau du lac TSIANDRAZANDOHA avant d'entreprendre son traitement afin de prendre en considération les divers contaminants présents et d'apprécier l'efficacité des méthodes de traitement. Les caractéristiques physico-chimiques mesurées sont récapitulées dans le tableau 1.

Les résultats indiquent que la température de l'eau varie entre 20 et 24 °C, avec une valeur moyenne de $21,83 \pm 1,22$ °C, conforme aux normes Malagasy. Le pH de l'eau fluctue entre 5 et 7, avec une valeur moyenne de $6,14 \pm 0,68$, révélant un caractère acide car certaines valeurs de pH sont en deçà de la norme ($<6,5$).

L'eau captée par la JIRAMA présente une faible minéralisation par rapport à la norme établie ($<3000 \mu\text{S/cm}$), avec une conductivité électrique oscillant entre 25 et 40 $\mu\text{S/cm}$ et une valeur moyenne de $33 \pm 5,35 \mu\text{S/cm}$. L'eau est trouble en raison de la présence de matières en suspension, avec une turbidité moyenne de $14,4 \pm 3,2$ NTU, variant entre 10 et 25 NTU. Le TAC de l'eau varie entre 3 et 20 °f, avec une valeur moyenne de $10,58 \pm 5,28$ °f.

Les niveaux de sulfate, provenant de différentes sources, sont faibles par rapport aux normes établies par la JIRAMA ($<250 \text{ mg/L}$), variant considérablement entre 4 et 15 mg/L. L'eau est peu dure, avec des faibles teneurs en magnésium ($7,49 \pm 1,98 \text{ mg/L}$) et en calcium ($6,59 \pm 1,04 \text{ mg/L}$), respectivement entre 3 et 10 mg/L et entre 5 et 8,1 mg/L.

Le fer total oscille entre 0,5 et 2 mg/L, avec une valeur moyenne de $1,14 \pm 0,55 \text{ mg/L}$, en dessous de la norme Malagasy (0,5 mg/L). L'eau présente des pollutions chimiques en ammonium, en nitrite, en nitrate et en phosphate provenant des rejets industriels, avec des valeurs moyennes respectives de $0,52 \pm 0,26 \text{ mg/L}$, $0,29 \pm 0,076 \text{ mg/L}$, $9,47 \pm 3,27 \text{ mg/L}$ et $3,33 \pm 1,24 \text{ mg/L}$. La concentration en ion sodium varie entre 2,3 et 5 mg/L, avec une valeur moyenne de $3,72 \pm 0,96 \text{ mg/L}$, tandis que le chlorure présente une valeur minimale et maximale respective de 4 et 10 mg/L, avec une moyenne de $7,08 \pm 2 \text{ mg/L}$. Enfin, les matières organiques oscillent entre 2,4 et 6 mg/L, avec une valeur moyenne de $3,75 \pm 1,33 \text{ mg/L}$.

Tableau 1 : Résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau brute.

Paramètres	Minimum	Maximum	Moyenne	Norme Malagasy
T (°C)	20	24	$21,83 \pm 1,22$	<25
pH	5	7	$6,14 \pm 0,68$	6.5-9
CE ($\mu\text{S/cm}$)	25	40	$33 \pm 5,35$	<3000
Turbidité (NTU)	10	20	$14,4 \pm 3,2$	<5
TAC (°f)	3	20	$10,58 \pm 5,28$	-
Sulfate (mg/L)	4	15	$9,33 \pm 3,96$	250
Magnésium (mg/L)	3	10	$7,49 \pm 1,98$	50
Calcium (mg/L)	5	8.1	$6,59 \pm 1,04$	200
Fer total (mg/L)	0.5	2	$1,14 \pm 0,55$	0.5
Ammonium (mg/L)	0.04	0.8	$0,52 \pm 0,26$	0.5
Nitrite (mg/L)	0.08	0.4	$0,29 \pm 0,076$	0.1
Nitrate (mg/L)	5	15	$9,47 \pm 3,27$	50
Phosphate (mg/L)	1.2	5	$3,33 \pm 1,24$	5
Sodium (mg/L)	2.3	5	$3,72 \pm 0,96$	-
Chlorure (mg/L)	4	10	$7,08 \pm 2$	250
MO (mg/L)	2.4	6	$3,75 \pm 1,33$	2

3.2 Analyse en composante principale

L'intégration d'une étude statistique dans l'évaluation de la qualité de l'eau revêt une importance cruciale pour interpréter de manière robuste l'évolution des valeurs des paramètres physiques et chimiques de l'eau brute, ainsi que pour identifier les tendances significatives. Le tableau 2 et la figure 1 présentent les résultats de la matrice de corrélation des différents paramètres et de l'analyse en composante principale. Ces résultats indiquent des associations significatives entre les paramètres mesurés dans l'eau du lac TSIANDRAZANDOHA.

Le cercle de corrélation, illustrant deux dimensions dans le plan factoriel F1 x F2, révèle que la première dimension (dim 1) contribue à hauteur de 37,25%, tandis que la deuxième dimension (dim 2) représente 28,05% de la variance totale. En combinant ces deux dimensions, le cercle de corrélation rend compte de 65,3% de la proportion de variance significative expliquée par les deux composantes principales, mettant en évidence l'importance des relations entre les paramètres d'études.

La première composante est positivement corrélée avec la conductivité électrique (CE), le sodium (Na^+), le chlorure (Cl^-), le fer total, le magnésium (Mg^{2+}) et le calcium (Ca^{2+}), et négativement corrélée avec le sulfate (SO_4^{2-}), la turbidité (turb) et la matière organique (MO). Cela suggère une corrélation entre ces paramètres, révélant comment ils varient simultanément, comme le met en évidence la matrice de corrélation. La conductivité électrique (CE) est fortement corrélée avec le sulfate ($r = -0,91$), le magnésium ($r = 0,92$), le calcium ($r = 0,85$), le fer total ($r = 0,65$), le sodium ($r = 0,76$), le chlorure ($r = 0,76$) et la matière organique (MO) ($r = -0,56$). Des corrélations importantes sont également observées entre d'autres paires de paramètres, comme la turbidité et la MO ($r = 0,87$), le sulfate et le magnésium ($r = -0,85$), le sulfate et le calcium ($r = -0,85$), le sulfate et fer total ($r = -0,65$), le sulfate et sodium ($r = -0,73$), sulfate et chlorure ($r = -0,84$), magnésium et fer total ($r = 0,62$), magnésium et sodium ($r = 0,79$), calcium et fer total ($r = 0,55$), calcium et sodium ($r = 0,71$), calcium et chlorure ($r = 0,66$), fer et sodium ($r = 0,54$), fer et chlorure ($r = 0,59$).

La deuxième composante est corrélée positivement avec le TAC (titre alcalimétrique complet), le nitrite et le nitrate, et négativement avec le pH, l'ammonium et le phosphate. Cette composante saisit une autre facette des relations entre ces paramètres, comme l'explique la matrice de corrélation : pH/ammonium ($r = 0,98$), pH/nitrite ($r = -0,71$), pH/nitrate ($r = -0,98$), TAC/ammonium ($r = -0,78$), TAC/nitrate ($r = 0,77$), ammonium/nitrite ($r = -0,66$), ammonium/nitrate ($r = 0,96$), ammonium/phosphate ($r = 0,89$), nitrite/nitrate ($r = 0,71$). Ainsi, la première composante principale suggère une corrélation entre la conductivité électrique (CE) et divers ions, tandis que la deuxième composante met en évidence des relations entre le TAC, les nitrites, les nitrates, le pH et l'ammonium.

Tableau 2 : Matrice de corrélation des paramètres d'analyse

	T°	pH	CE	Turb	TAC	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Fer	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻	Na ⁺	Cl ⁻	MO
T°	1															
pH	0.28	1														
CE	0.11	0.11	1													
Turb	0.08	-0.08	-0.46	1												
TAC	-0.22	-0.78	0.12	0.04	1											
SO ₄ ²⁻	-0.17	-0.1	-0.91	0.21	-0.13	1										
Mg ²⁺	0.13	0.02	0.92	-0.32	0.17	-0.85	1									
Ca ²⁺	0.02	-0.16	0.85	-0.27	0.44	-0.85	0.814	1								
Fer	0.28	0.25	0.65	-0.21	-0.07	-0.65	0.62	0.55	1							
NH ₄ ⁺	0.26	0.98	0.09	-0.08	-0.78	-0.09	0.03	-0.18	0.17	1						
NO ₂ ⁻	-0.27	-0.71	-0.06	-0.07	0.42	0.09	0.01	0.02	-0.24	-0.66	1					
NO ₃ ⁻	0.30	-0.98	-0.12	0.08	0.77	0.15	-0.05	0.13	-0.25	0.96	0.71	1				
PO ₄ ⁻	-0.07	0.23	-0.16	0.29	-0.04	0.15	-0.18	-0.09	-0.42	0.89	-0.36	-0.24	1			
Na ⁺	0.18	0.11	0.76	-0.03	0.27	-0.73	0.79	0.71	0.54	0.09	-0.11	-0.14	0.02	1		
Cl ⁻	0.21	0.29	0.76	-0.14	-0.02	-0.84	0.80	0.66	0.59	0.26	-0.21	-0.35	0.04	0.72	1	
MO	0.09	0.10	-0.56	0.87	-0.16	0.30	-0.40	-0.46	-0.19	0.12	-0.17	-0.08	0.37	-0.24	-0.14	1

T° : température ; CE : conductivité électrique, TAC : titre alcalimétrique complet ; MO : matières organiques ; turb : turbidité

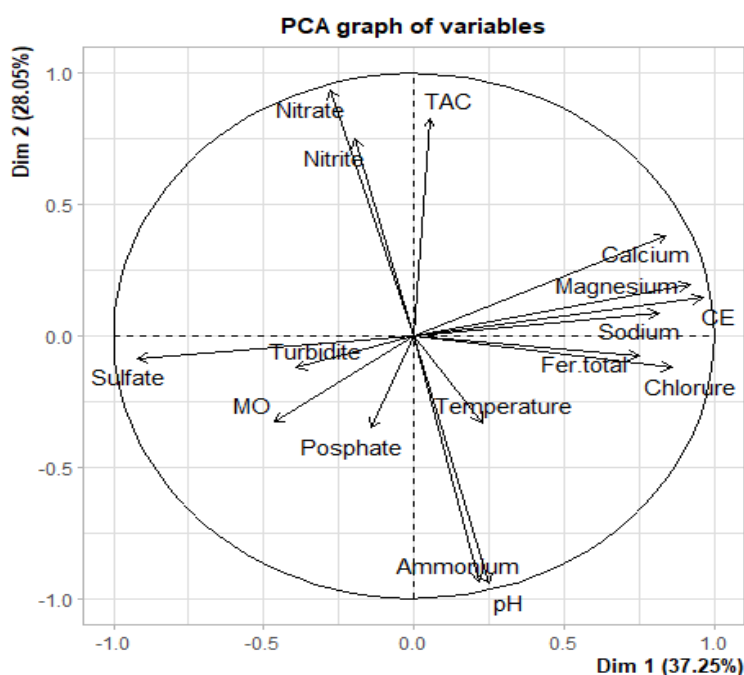


Figure 2 : Analyse en composante principale des résultats physico-chimique de l'eau brute.

3.3 Traitement par coagulation-floculation

La coagulation et la floculation sont des procédures largement utilisées dans le traitement de l'eau pour éliminer les particules en suspension et autres impuretés telles que l'ammonium, les nitrites, les nitrates et les phosphates. Le sulfate d'aluminium et la chaux vive ont été utilisés comme coagulants et floculants dans ce processus.

3.3.1 Traitement par sulfate d'alumine

Le processus de traitement de l'eau consiste à introduire des agents coagulants, tels que le sulfate d'alumine, dans une série de récipients. Les agents sont ajoutés à doses croissantes, comme indiqué dans le tableau 3. Ces flacons sont ensuite agités à une vitesse rapide de 100 tours par minute pendant 2 minutes, suivie de 20 minutes à une vitesse plus lente de 40 tours par minute. Cette procédure garantit une distribution homogène des mélanges et assure une

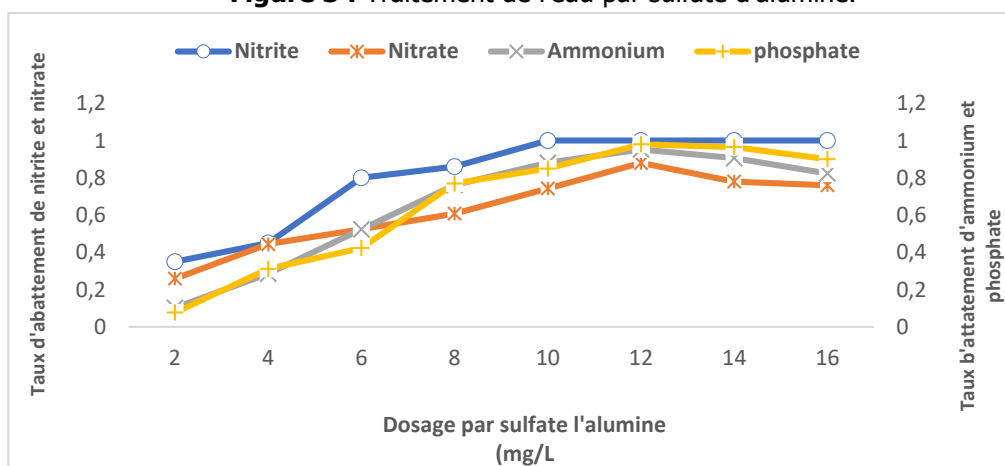
déstabilisation chimique efficace des colloïdes et autres éléments indésirables, tels que les nitrites, les nitrates, l'ammonium et le phosphate.

La figure 3 et le tableau 3 démontrent les taux d'achèvement de ces paramètres dans l'eau après le processus de coagulation. Les résultats indiquent que la dose de coagulation optimale pour éliminer 100 % de nitrite, 74,28 % de nitrate, 88,09 % d'ammonium et 85 % de phosphate dans 1 000 ml d'eau brute correspond à 10 mg/L de sulfate d'alumine.

Tableau 3 : Taux d'abattement des éléments indésirables par sulfate d'alumine.

Al2SO4	Nitrite	Nitrate	Ammonium	Phosphate
2	0.35	0.2593	0.1025	0.0769
4	0.45	0.4444	0.2857	0.3114
6	0.8	0.524	0.5238	0.4231
8	0.86	0.6079	0.7619	0.77
10	1	0.7428	0.8809	0.85
12	1	0.88	0.9523	0.98
14	1	0.78	0.9056	0.9654
16	1	0.76	0.8235	0.9

Figure 3 : Traitement de l'eau par sulfate d'alumine.



3.3.2 Traitement par chaux vive

L'agrégation des eaux du lac a été réalisée avec une dose de coagulant de 10 mg/L sur une plage de 0 à 10 mg/L de chaux vive. Les résultats de cette opération sont synthétisés dans le tableau 4 et illustrés dans la figure 4, mettant en évidence l'évolution de l'abattement de l'ammonium, des nitrates et des phosphates, ainsi que la variation du pH de l'eau traitée en fonction de la quantité de chaux vive. Ces données suggèrent que le taux d'élimination des éléments indésirables augmente proportionnellement aux doses de chaux vive jusqu'au niveau optimal de 7 mg/L. À ce stade, les taux d'élimination des nitrates, de l'ammonium et des phosphates atteignent respectivement 98 %, 99 % et 97 %.

En ce qui concerne le pH, il varie de 6,86 à 7,9, présentant une tendance basique qui demeure conforme aux normes de potabilité Malagasy. L'eau traitée tend vers la neutralité lors de l'ajout de chaux vive entre 2 et 4 mg/L. Le traitement de l'eau du lac TSIANDRAZANDOHA est très efficace pour éliminer les éléments indésirables.

Tableau 4 : Taux d'abattement des éléments indésirables par chaux vive.

Chaux vive	Nitrate	Ammonium	Phosphate	pH
1	0.75	0.89	0.85	6.86
2	0.78	0.895	0.872	6.85
3	0.82	0.92	0.878	7.01
4	0.84	0.94	0.9	7.12
5	0.9	0.98	0.94	7.24
6	0.92	0.986	0.96	7.45
7	0.98	0.99	0.97	7.56
8	0.91	0.97	0.96	7.6
9	0.89	0.92	0.95	7.8
10	0.87	0.9	0.94	7.9

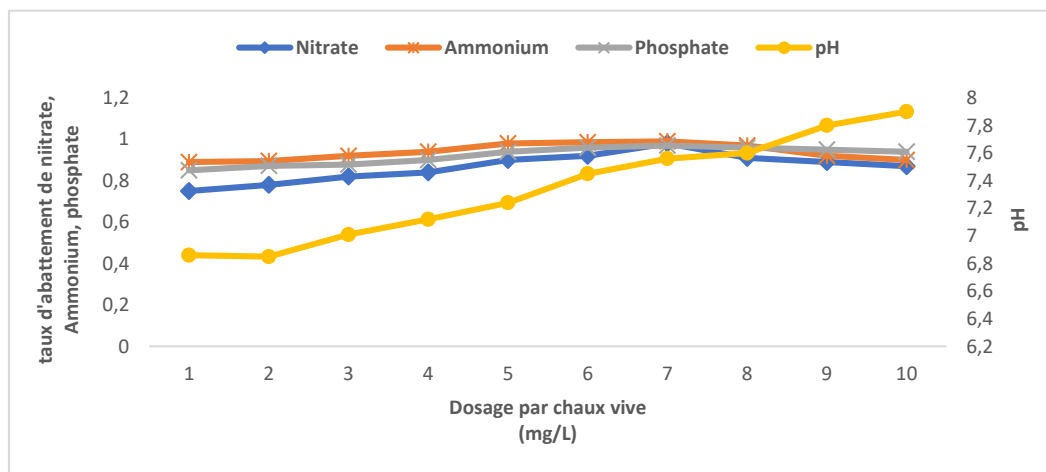


Figure 4 : Traitement de l'eau par chaux vive.

4. DISCUSSION

4.1 Caractérisation des eaux brutes

La compilation des résultats sur les eaux brutes permet de déterminer la composition moyenne du lac TSIANDRAZANDOHA, dans le but de surveiller la contamination chimique provenant de diverses sources. Cette étude révèle que le lac est impacté par des contaminants chimiques issus de rejets domestiques et de déchets agricoles [16, 17]. Les concentrations moyennes de ces contaminants dépassent les normes Malagasy, avec des valeurs de 0,52 mg/L d'ammonium, 0,29 mg/L de nitrite, 9,47 mg/L de nitrate, 3,33 mg/L de phosphate et 3,75 mg/L de matières organiques. Ces constats indiquent clairement que l'eau n'est pas appropriée pour la consommation humaine. De plus, les eaux du lac présentent une acidité, comme le montrent certaines valeurs de pH situées en dehors de la plage définie par les normes de potabilité Malagasy (<6.5). En outre, la transparence est limitée, avec des niveaux élevés de turbidité (10 à 20 NTU) dépassant les normes établies. Les valeurs de la température (20 – 24°C), de la conductivité électrique (25 – 40 μ S/cm), sulfate (4 - 15 mg/L), magnésium (3 - 10 mg/L), calcium (5 - 8,1 mg/L), sodium (2,3 - 5 mg/L), chlorure (4 - 10 mg/L), fer total (0,5 - 2 mg/L) sont comprises dans la gamme tolérable pour l'eau potable Malagasy et en accord avec ceux de Dumoûtier et al., et Mahamat et al., [18, 19].

L'analyse en composante principale mettant en évidence l'homogénéité des échantillons analysés a révélé que la corrélation de la deuxième composante avec le pH, l'ammonium, le nitrite, le nitrate, le TAC (titre alcalimétrique complet), et le phosphate pourrait indiquer fortement la présence de contaminants due aux activités anthropiques. La corrélation forte entre le pH et l'ammonium ($r = 0,98$) peut s'expliquer par la prédominance de l'acide nitrique sur l'ammoniac (NH_3) et la décomposition de la matière organique. Les corrélations entre le pH et le nitrite ($r = -0,98$), le TAC et l'ammonium ($r = -0,78$), le TAC et le nitrite ($r = 0,77$), l'ammonium et le nitrate ($r = 0,96$) concordent avec ces hypothèses car elles confirment la présence des acides nitriques et le cycle de l'azote comme la nitrification entre le nitrite et le nitrate et l'oxydation biologique des nitrates [13]. La corrélation observée entre l'ion phosphate et l'ammonium ($r = 0,89$) peut suggérer la possibilité de la présence de phosphate d'ammonium, qui pourrait être exploité comme engrais dans les terres agricoles. Cette corrélation peut également être associée aux interactions complexes entre les cycles de l'azote et du phosphore.

4.2 Abatement des contaminants chimiques et efficacité du traitement

Les essais de coagulation et floculation ont permis de déterminer la dose optimale de sulfate d'aluminium et de chaux vive pour atteindre une réduction significative des éléments indésirables tels que le nitrite, le nitrate, l'ammonium et le phosphate, tout en neutralisant l'acidité de l'eau destinée à la consommation humaine. Plusieurs études antérieures, notamment celles de Marie Hanitriaina et al. (2022), Kheliel et al., (2015), Mellah et al., (2022), Linda et al., (2014), ont exploré l'utilisation du sulfate d'aluminium et de la chaux vive comme agents coagulants dans le traitement des eaux naturelles et usées [20, 21, 22, 23].

Au cours de cette étude, les taux d'abattement trouvés pour ces éléments varient. Le taux d'abattement de l'ammonium varie de 10,25% à 88,23% pour des doses de sulfate d'aluminium allant de 2 à 12 mg/L. Ce taux continue d'augmenter jusqu'à atteindre 99% après l'ajout progressif de chaux vive, avec des doses de 1 à 10 mg/L. Ces résultats démontrent une réduction efficace de l'ammonium, avec des doses optimales respectives de 10 mg/L pour le sulfate d'aluminium et 7 mg/L pour la chaux vive. Ces observations sont cohérentes avec les travaux de Seghairi et al. (2017) et Etienne et al., (2011), qui ont montré que la coagulation au sulfate d'aluminium entraîne une diminution de la teneur en ammonium

dans l'eau [5, 24]. De plus, Kheliel et al., (2015) ont rapporté que la coagulation au sulfate d'aluminium, suivie de l'adjonction de chaux vive, conduit à une augmentation de la basicité de l'eau. L'ajout conjoint de sulfate d'aluminium et de chaux vive augmente la basicité et le pH de l'eau, provoquant la formation d'un précipité gélatineux à un pH voisin de 9,5, favorisant l'élimination des particules colloïdales par sédimentation et contribuant ainsi à obtenir une eau plus claire [21]. L'association de ces deux substances favorise la formation d'un précipité qui élimine les impuretés en suspension. Dans l'ensemble, ce processus se révèle efficace pour neutraliser l'acidité et améliorer la clarté de l'eau.

Les résultats de l'étude indiquent également un succès significatif dans l'élimination des nitrites par coagulation au sulfate d'alumine, atteignant un taux d'abattement de 100% pour des doses de sulfate variant de 2 à 8 mg/L. L'ajout de chaux vive, bien que moins influent sur le traitement des nitrites, contribue néanmoins à la neutralisation de l'eau brute. Par ailleurs, l'évaluation du rendement d'élimination des nitrates en fonction de la dose de sulfate d'aluminium révèle une augmentation significative, passant de 25,93% à 88% avec l'augmentation de la dose de coagulant jusqu'à une certaine dose optimale de 12 mg/L de sulfate d'alumine. Au-delà de cette dose, le rendement diminue jusqu'à atteindre 76%, mais reprend ensuite une croissance, atteignant finalement un taux d'élimination de 98% pour une dose optimale de 7 mg/L de chaux vive. Ces résultats démontrent l'efficacité de la coagulation au sulfate d'alumine dans l'élimination des nitrites et des nitrates de l'eau du lac TSIANDRAZANDOHA. De plus, la synergie entre le sulfate d'alumine et la chaux vive, bien que moins prononcée pour les nitrites, se révèle cruciale dans l'optimisation du rendement d'élimination des nitrates [13]. Ces constatations corroborent les résultats antérieurs de Kheliel et al., (2015) soulignant l'efficacité potentielle de ces coagulants dans la réduction des concentrations de nitrates jusqu'à 98% [21]. Cette contribution scientifique souligne l'importance de maintenir les coagulants et leurs doses pour maximiser l'efficacité du traitement de l'eau, notamment en ce qui concerne les nitrites et les nitrates.

Enfin, l'efficacité d'élimination du phosphate connaît une augmentation significative avec l'augmentation des doses de sulfate d'alumine, variant entre 0 et 16 mg/L. Le taux d'abattement passe de 7,69% à 98%, atteignant son optimum à une dose de sulfate d'alumine de 12 mg/L. Même après l'introduction progressive de chaux vive (doses de 1 à 10 mg/L), le taux d'abattement demeure élevé, évoluant légèrement entre 85% et 96%. Ces résultats confirment les conclusions d'études antérieures menées par Seghairi et al., (2017), Iman et al., (2013) [5, 25], suggérant que la formation de précipités de phosphate d'aluminium favorise l'abattement. Cependant, la variabilité du taux d'abattement peut être attribuée à la composition chimique spécifique de l'eau du lac. En effet, cette dernière présente une faible teneur en éléments minéraux et un caractère acide, renforçant ainsi la réaction entre les ions phosphate et aluminium. Ainsi, la combinaison des deux coagulants semble être complémentaire dans le processus d'abattement du phosphate.

L'ajout de chaux vive pour la neutralisation dans le traitement de l'eau représente une pratique essentielle visant à ajuster le pH et éliminer les éléments acides. Les résultats obtenus, avec un pH ajusté entre 6,86 et 7,9, témoignent d'une neutralisation réussie des substances acides présentes dans l'eau brute, qui initialement affichait un pH compris entre 5 et 7. Ces constatations s'alignent avec les travaux de Jean (2009) et correspondent aux observations d'Etienne et al., (2011) [13, 24]. La réaction entre la chaux vive (CaO) et les ions hydrogènes, générant de l'eau et des ions calcium, explique cette neutralisation de l'acidité de l'eau. Cette étude suggère que la combinaison de la coagulation au sulfate d'alumine et de la neutralisation par la chaux vive a joué un rôle significatif dans l'élimination d'une variété d'impuretés présentes dans l'eau. En permettant l'ajustement du pH et la coagulation des particules en suspension, cette approche combinée a contribué efficacement à la purification de l'eau. La chaux, notamment utilisée pour le traitement des eaux acides selon les travaux de Caron (1986), a permis d'ajuster le pH de l'eau brute, déclenchant la formation d'un précipité gélatineux capable d'éliminer les colloïdes par sédimentation [26].

5. CONCLUSION

Cette expérimentation s'est concentrée sur la purification des eaux brutes du lac TSIANDRAZANDOHA, Ambositra, Madagascar, en utilisant la coagulation-floculation avec du sulfate d'aluminium et de la chaux vive. L'étude a été entreprise après une évaluation approfondie de la qualité de l'eau, visant à éliminer les contaminants tels que le nitrite, le nitrate, l'ammonium et le phosphate.

Les résultats ont révélé que la caractérisation des eaux brutes du lac TSIANDRAZANDOHA révèle une contamination chimique significative, dépassant les normes Malagasy pour des paramètres tels que l'ammonium ($0,52 \pm 0,26$ mg/L), le nitrite ($0,29 \pm 0,076$ mg/L), le nitrate ($9,47 \pm 3,27$ mg/L), le phosphate ($3,33 \pm 1,24$ mg/L) et les matières organiques ($3,75 \pm 1,33$ mg/L), rendant l'eau inadaptée à la consommation humaine. Les résultats montrent également des corrélations entre les contaminants, mettant en évidence l'influence des activités anthropiques sur la composition de l'eau. L'élimination efficace de contaminants spécifiques, tels que l'ammonium, les nitrites, les nitrates et le phosphate, a été observée grâce à l'utilisation de sulfate d'aluminium et de chaux vive. Cette étude a validé que l'intégration de sulfate d'alumine (12 mg/L) et de chaux vive (7 mg/L) a conduit à des réductions substantielles des concentrations d'ammonium (99 %), de nitrites (100 %), de nitrates (98 %) et de phosphate (96 %) dans l'eau traitée, tout en neutralisant le pH à des valeurs proches de 6,86 et 7,9.

Ainsi, le sulfate d'alumine et la chaux vive agissent efficacement dans le traitement de la qualité physico-chimique de l'eau du lac.

Reconnaissance : Cette étude a été réalisée avec l'aide du Laboratoire d'analyse de la JIRAMA Ambositra et du Centre Nationale de Recherche Sur l'Environnement ainsi que Mr Olivà RANDRIANASOAVINA dans la réalisation de la cartographie.

6. REFERENCE

- [1] ZIRIRANE D., BAGALWA J. J., ISUMBISHO M., MULENGEZI M., MUKUMBA M. B. I., MUCHESO J., LUKAMBA A., IRAGI G., IRENGE B. et KAMANGALA F. K. A. R. Évaluation comparée de la pollution des rivières Kahuwa et Mpungwe par l'utilisation des macroinvertébrés benthiques. *Vertigo-la revue électronique en science de l'environnement*. Decembre 2014; 14 (3):22 . Disponible sur <https://doi.org/10.4000/vertigo.15365>
- [2] Edokpayi J., Odiyo J. et Durowoju O. Impact of wastewater on surface water quality in developing countries: a case study of South Africa. *In Water Quality: IntechOpen*. 2017; 402–416. Available on <https://doi.org/10.5772/66561>
- [3] Mohammed A.-Q., Youssef A. I., Ali A., Isslam B., Ikram M., Fouzia B., Khadija E. K. et Driss B. Analyse et Contrôle de la qualité physico-chimique des eaux souterraines de la région Sidi Allal Tazi-Gharb-Maroc. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. 2015; 13 (12):420-429. Consulté le Octobre 29, 2023, sur <https://www.researchgate.net/publication/319454768>
- [4] Espérance O. H., Micheline A. D. T., Nelly C. K., Expédit W. V., Guy A. M. et Euloge A. Pollution des eaux à usages domestiques dans les milieux urbains défavorisés des pays en développement : Synthèse bibliographique. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 2016; 10 (15):2392-2412. Disponible sur <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v10i5.35>
- [5] Seghairi, N., L., M., A., B., & Y., A. Traitement des eaux usés par coagulation-floculation en utilisant le sulfata d'aluminium comme coagulant. *Journal of water and environnemental Sciences*. 2017; 1(Numéro spécial ICWR 2):230-234. Consulté le Octobre 28, 2023, sur <https://revues.imist.ma/index.php/jwes/article/viewFile/7325/6259>
- [6] Arouna D., Adama T., Abdoulaye D. et Djiky K., Optimizing copper removal from synthetic water using electrocoagulation and response surface methodology. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 2023; 17 (15): 2128-2140. Available on <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v17i5.29>
- [7] Aziza, A., Abdeljalil, Z., et Abdelali, I. Utilisation d'un nouveau bio-floculant extrait de cactus marocain dans le traitement des rejets chargés de chrome (VI) par le procédé de coagulation floculation. *Afrique Science*. 2009; 5 (3):25-35. Consulté le octobre 27, 2023, sur <http://www.afriquescience.info/document.php?id=1619>. ISSN 1813-548X.
- [8] Mamhoudi I., Analyse d'eau d'Oued Sebou par Jar Test, Sebou: Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, 2012.
- [9] Weinger M. Systèmes à moindre coût pour la gestion des boues de blocs sanitaires : Cas d'Ambositra et de Mahanoro (Madagascar), Techniques courantes et Options améliorées. Washplus, Ambositra, 2015.
- [10] Francelette R. Evaluation environnementale stratégique de la région Amoron'i Manie. Antananarivo: Université d'Antananarivo; 2008. p. 56. Disponible sur http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/zafyElliotW_ESPA_M2_07.pdf
- [11] Toniaina Maminirina A., Conception et réalisation d'un jar-test. Antananarivo: Université d'Antananarivo. 2015. Disponible sur http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/andrianiasimpanarovolalaToniainaM_ESPA_M2_15.pdf
- [12] JIRAMA. ANNEXE SUR NORME DE POTABILITE MALAGASY (Décret n°2004-635 du 15/06/04): NORME DE POTABILITE MALAGASY. JIRAMA Malagasy, Antananarivo, 2020.
- [13] Jean R., Bernard L., Nicole M. et Coll. L'Analyse de l'eau. vol. 09. Dunod Paris; 2009.
- [14] Franklin I. O.-G. et Peter J. S. A comparison of methods for the determination of dissolved and particulate phosphorus in natural waters. *Water research*. 1996; 30 (11):2739-2747.
- [15] Hamdani A., Mohamed C., Omar A. et Mohammed M., Caractérisation et traitement par coagulation-décantation d'un effluent de laiterie. *Hal Open Science*. 2004; 84 (13):317-328. Disponible sur <https://hal.science/hal-00895539/document>
- [16] Kouassi Ernest A., Oga Y. M. S., Koffi Y. B., Kouassi A. M. et Biemi N. S. J. Caractérisation hydrogéochimique et microbiologique des ressources en eau du site d'un Centre d'Enfouissement Technique (CET) de Côte d'Ivoire : cas du CET de Kossihouen dans le District d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *International Formulae Group*. 2011; 5(6): 2524-2542. Disponible sur <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v5i6.32>
- [17] Safiatou C., Vincent K. N. et Célestin B. A. Etude comparative de la qualité des eaux des étangs et du barrage d'une ferme piscicole en étang au Sud-Est de la Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*. 2019; 15 (24): 42-58. Disponible sur <https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n24p42>
- [18] Dumoutier N., Baudin I., Anselme C. et Manem J. Elimination de la matière organique biodégradable par ultrafiltration. *Revue des sciences de l'eau*. 1992; 5(1): 1718-8598. Disponible sur <https://doi.org/10.7202/705159ar>
- [19] Mahamat S. A. M., Theophile M., Tidjani A., Ndoumtamia G. et Loukman B. Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux d'adduction publique de la Société Tchadienne des Eaux à N'djamena au Tchad. *Journal Applied Bioscience*. 2015; 95 :8973 – 8980. Disponible sur <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v95i1.7>
- [20] Marie Hanitriniaina R., L. N. R. R. et Rijalalaina R. Traitement des eaux usées d'extraction minière par coagulation-floculation avec le sulfate d'alumine et l'opuntia ficus indica. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*. 2022; 34 (11):100-112. Disponible sur DOI: 10.52155
- [21] Kheliel O., Ouakouak A., Youceff L. et A. S. Denitrification des eaux souterraines par adsorption sur charbon actif et par coagulation-floculation au sulfate d'aluminium. *Larhyss Journal*. 2015; (21):181-190. Disponible sur <https://larhyss.net/ojs/index.php/larhyss/article/view/264>
- [22] Abdelkarim M., Fadia B., Linda H., Wahida k. et Miled Z. R. Adoucissement par précipitation à la chaux couplée avec le sulfate d'aluminium des eaux de l'Albien d'Ain Sahara (Touggourt, Algérie). *Journal Algérien des Régions Arides JARA*. 2022; 14 (12): 6-17.
- [23] Linda H. et Samia A. Coagulation-floculation au sulfate d'aluminium de composés organiques phénoliques et effet de sels de calcium et de magnésium. *Journal of Water Science*. 2014; 27 (13): 271–280. Disponible sur <https://doi.org/10.7202/1027810ar>
- [24] Etienne R., Marie Hanitriniaina R. et Pierre R. Valorisation chimique du kaolin dans le traitement des eaux : préparation de nouveaux coagulants minéraux. *Journal of Water Science*. 2011; 24 (14):437–448. Disponible sur <https://doi.org/10.7202/1007629ar>

- [25] Iman C., Latifa M., Souabi S., Mohammed F. et Abdellah E. A. Etude de la performance de la STEP du centre emplisseur de la société Salam Gaz – Skhirat, Maroc., *Afrique SCIENCE*. 2013; 09(3): 91 – 102. Disponible sur <http://www.afriquescience.info/document.php?id=2953>
- [26] Caron J. J. Contrôle de la contamination des eaux de surface par ozonation. Sherbrooke. Quebec. Canada: Université de Sherbrooke; 1986.



How to cite this article: Andry Harinaina Rabearisoa, Bertrand Manjolongo, et Ravo Victoire Nasolomampionona.

ÉTUDE APPROFONDIE DE LA CONTAMINATION CHIMIQUE PAR LE SULFATE D'ALUMINE ET LA CHAUX VIVE DANS LES EAUX DU LAC TSIANDRAZANDOHA, AMBOSITRA, MADAGASCAR : CARACTERISATION ET CONTROLE. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023;17(6): 23-33. DOI : [10.5281/zenodo.10247271](https://doi.org/10.5281/zenodo.10247271)

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

PREREQUISITES AND FEATURES OF TRANSITION OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN TO A "GREEN" ECONOMY AND THE PRINCIPLES OF "GREEN" BUDGETING



| Ahadbek KHAYDAROV |

Ministry of Economy and finance of the Republic of Uzbekistan | Tashkent | Uzbekistan |

DOI: 10.5281/zenodo.10247223 | Received October 9, 2023 | Accepted October 28, 2023 | Published December 02, 2023 | ID Article | Ahadbek-Ref4-4-17ajiras091023|

ABSTRACT

Introduction: Uzbekistan is pursuing a transition to a green economy to address pressing environmental challenges. Green budgeting has emerged as a key fiscal policy tool to support sustainable development. **Objective:** This review synthesizes evidence on the prerequisites, features, and principles of green budgeting in Uzbekistan. **Methods:** A systematic literature search was conducted across major databases to identify studies published from 2010-2022 focused on green economy and budgeting issues in Uzbekistan. Key data was extracted and synthesized narratively. **Results:** Uzbekistan has adopted a Green Economy Strategy to 2030, but progress is constrained by energy inefficiency, resource overuse, technology gaps, and limited private sector involvement. Global best practices highlight green budget tagging, eco-taxes, sustainable procurement, and green debt financing. Uzbekistan is piloting climate budget tagging and should expand to full green budgeting. This requires green assessments of all programs, integrating objectives into planning, performance tracking, and result publication. **Conclusion:** Effective green budgeting implementation necessitates specialized institutions, expertise, and cross-government policy alignment. Focusing on resource efficiency, social-environmental metrics, green job creation, and investment attractiveness can catalyze Uzbekistan's green transition. Coordinated regulatory and fiscal policies are essential.

Keywords: budget, green economy, climate, tagging, Paris Agreement, OECD, low-carbon development, resource conservation, green budgeting, Sustainable development goals.

1. INTRODUCTION

Long-term trends in macroeconomic dynamics exert a decisive influence on fundamental structural changes within the global financial system. In recent decades, an escalating emphasis on environmental and climate objectives, often referred to as the "green" factor, has emerged as a pivotal force shaping these transformations.

During the late 1960s and early 1970s, the growing significance of the "green" factor, particularly in developed nations, was intertwined with an initial underestimation of the environmental impact of economic activities. This perspective had tangible repercussions on the pace of technological innovation in production and infrastructure development. Consequently, a divergence emerged between society's escalating aspirations for an enhanced quality of life and the production capabilities capable of meeting those needs without inflicting substantial harm to the environment.

The mid-1970s witnessed an additional impetus for the "green" factor, driven by a sharp surge in oil prices and the imperative for the rapid advancement of energy-efficient, encompassing energy-saving, technologies. For the financial system, this signaled the inevitability of alterations in government and corporate expenditures, including investments. Notably, a novel facet related to environmental protection became a substantial component, absorbing approximately 3 to 5% of the Gross Domestic Product (GDP).

This transformative phase ushered in the emergence of new financial instruments and intermediary institutions. In the United States during the 1980-1990s, the advent of "emission banks" marked a notable development—specialized financial entities tasked with the registration, deposit, and trade of quotas for pollutant emissions, with a primary focus on sulfur sulfide from coal thermal power plants, a major source of acid rain. The outcomes were multifaceted, encompassing heightened energy and economic efficiency in production, reduced costs for energy consumers, and qualitative shifts in the production and technological foundations, particularly within the fuel and energy complex. By the late 1990s to early 2000s, these changes significantly improved environmental parameters, thereby influencing the overall quality of life [1].

2. METHODS

This review was conducted through a comprehensive literature search to synthesize current evidence on prerequisites and features of the transition to a green economy and green budgeting principles in Uzbekistan.

2.1 Literature Search Strategy

A systematic search was performed in October 2022 across major electronic databases: Scopus, Web of Science, EBSCOhost, ScienceDirect, and others. The search included a combination of relevant terms such as "green economy,"

"green budgeting," "Uzbekistan," "climate change," "sustainability," and related phrases. References of highly relevant papers were hand searched for additional studies.

2.2 Inclusion and Exclusion Criteria

Studies were included if they were peer-reviewed papers, reports from reputable organizations, or government documents published from 2010-2022. The literature had to focus on green economy and budgeting issues specifically related to Uzbekistan or provide contextual insights from other nations that could be applicable. Opinion pieces, news articles, and studies not meeting the thematic focus were excluded.

2.3 Data Extraction and Synthesis

Two independent reviewers extracted data on study characteristics, context, analyses, findings, and conclusions into a standardized template. The main data were synthesized narratively to highlight key evidence and insights around: the green economy transition status and readiness in Uzbekistan, green budgeting prerequisites and global best practices, potential approaches for implementing green budgeting, and impact monitoring.

3. RESULTAS AND DISCUSSION

In 2018, the Republic of Uzbekistan ratified the Paris Climate Agreement (Paris, December 12, 2015) and made a quantitative commitment to nationally determined contributions for its implementation - reducing specific greenhouse gas emissions per unit of gross domestic product by 10% from 2010 levels by 2030 of the year. Medium-term priorities for reducing greenhouse gas emissions as part of the implementation of the obligations of the Paris Agreement in the country are implemented through a number of strategic and sectoral plans, programs, as well as regulations that provide for the reduction of energy and resource intensity of the economy, the widespread introduction of energy-saving technologies into production, and the expansion of the use of renewable sources energy, overcoming the consequences of the environmental crisis in the Aral Sea region. At the same time, the insufficient level of energy efficiency of the economy, irrational consumption of natural resources, slow technology renewal, and weak participation of small businesses in the implementation of innovative solutions for the development of a "green" economy hinder the achievement of the priority Goals for sustainable development of the national economy. To solve emerging problems, it is necessary to radically transform the ways of using natural and energy resources through the integration of the principles of a "green" economy into economic development processes, the introduction of environmentally friendly technologies aimed at low-carbon development and resource conservation in all sectors of the economy.

At the same time, the analysis showed the presence of interrelated problems and needs in ensuring an efficient, resource-saving and environmentally friendly economy in the context of climate change.

In particular, accelerated industrialization and population growth significantly increase the economy's need for resources, as well as increase the negative anthropogenic impact on the environment and the growth of greenhouse gas emissions.

In July 2019, the Regional Ministerial Conference of Europe and the CIS countries on the green economy was held in Tashkent, aimed at improving the regulatory framework and policies for the green economy, encouraging innovative green investments through public-private partnerships sectors. Thus, on October 4, 2019, Resolution of the President of the Republic of Uzbekistan No. PP-4477 "Strategy for the transition of the Republic of Uzbekistan to a green economy for the period 2019-2030" was approved, aimed at integrating climate change issues into the sustainable development of the national economy. Uzbekistan is one of the countries vulnerable to climate change in the world. Since 80% of the country's territory is occupied by grasslands and desert areas, the economy of Uzbekistan is particularly vulnerable to climate change. Since the early 1950s, the rate of increase in average temperatures across the country has been double the rate of global warming. Current forecast estimates show that, in the absence of decisive mitigation measures, the average temperature in the country will increase by 1.8C° to 3.3C° by 2050. Without additional adaptation measures, the country could face increased water scarcity, desertification, drought and land degradation by mid-century. These extreme weather events will have a negative impact on agriculture, tourism, public health and infrastructure, which will limit the development of Uzbekistan. The consequences of climate change have already manifested themselves in the environmental disaster of the Aral Sea.

By signing the Paris Agreement, the Republic of Uzbekistan has already committed to implementing specific goals for adaptation to climate change and reducing its consequences. At the national level, sectoral environmental strategies have already been adopted (for example, in the field of household waste management, conservation of biological diversity) and regulatory documents in the field of ecology are being developed. All these different areas of work are reflected in the Strategy for the transition of the Republic of Uzbekistan to a "green" economy. The Strategy also sets climate and environmental goals to be achieved by 2030.

Given Uzbekistan's current transition, the country is in a unique position – vulnerable to environmental risks, but also well positioned to take advantage of the opportunities a green economy offers. Since 2016, the Government of the Republic of Uzbekistan has been undertaking large-scale reforms to open up the economy and expand the role of the

private sector. This reform agenda, in particular, ensured renewed public investment in key economic infrastructure, resulting in public capital expenditure increasing by 4.7 times 2019 levels compared to 2016 levels. It also provided the basis for redefining the role of the state in the economy. More than five hundred state-owned enterprises (SOEs) have been designated for partial or full privatization. In addition, national authorities have created new ways to engage with the private sector, in particular by reforming public procurement and adopting a new public-private partnership (PPP) framework.

However, this process also contains risks and opportunities in at least three areas:

- Public investment. Currently, the Republic of Uzbekistan is actively investing in both repairing or replacing aging infrastructure and creating new ones. This provides a window of opportunity to accelerate the transition to a green economy. Considering that energy intensity in Uzbekistan is 25% higher than in Kazakhstan and three times higher than in Germany [2], Uzbekistan could reap significant economic benefits by widely introducing new construction standards into its investment policy. Likewise, integrating operating costs, energy consumption and durability into procurement criteria at the evaluation stage (life cycle costing) can improve the cost-effectiveness of the investment. In both examples, targeted policies can provide specific economic and environmental benefits. However, if these opportunities are not actively pursued, Uzbekistan will be trapped in suboptimal investment decisions with the prospect of unforeseen costs in the future as global energy prices rise;

- Regulation of the private sector. As the Republic of Uzbekistan liquidates its stake in existing state-owned enterprises, the private sector will become the driving force behind entire sectors of the economy, including those with high environmental impacts (eg, chemicals, oil and gas). Thus, the republic can significantly benefit by preparing a coherent regulatory framework for widespread implementation of environmental protection, as well as for strengthening monitoring of compliance with environmental requirements;

- Long-term incentives. As Uzbekistan's economic landscape continues to change and evolve, it is important that incentives are created to ensure that private sector decisions are made in line with long-term goals. The costs of climate change and environmental costs may be decades away, but they can be quantified and are typically high. Estimates from a recent IMF analysis of the macroeconomic effects of climate change across countries show that a sustained rise in average global temperatures of 0.04C° per year, in the absence of mitigation policies, would lead to a decline in global climate change by 2100. GDP per capita by 7%. The expected volumes of losses vary by country, while in most scenarios the prospects for Central Asia are negative (losses from 10% to 16%) [3]. This gives rise to a collective action problem due to the lack of incentives for private actors to adapt current behavior to avoid future costs. This problem needs to be mitigated by establishing the right incentive structure to steer the private sector away from wasteful behavior or high-carbon technologies and towards more sustainable practices.

For example, support schemes such as feed-in tariffs could provide significant growth in the use of renewable energy. Conversely, the gradual introduction of carbon pricing (eg carbon tax, cap-and-trade schemes, cap-and-rebate mechanisms) could provide a clear incentive to reduce energy consumption, mitigating climate change and regional problems such as air pollution. Penalty-rebates imply a sliding scale of fees and/or rebates on a product or activity with above- or below-average emissions intensity. When applying fines and rebates, the energy producer pays a fee or receives compensation in proportion to its production volume multiplied by the difference between the emission intensity and the industry average. The structure of the mechanism of fines and discounts, in general, should be developed in such a way that the system remains revenue-neutral for the state (fees paid by non-environmental entities cover compensation paid to the most environmentally friendly ones).

In both examples, fiscal policies and instruments play a key role, highlighting the possible role of the Ministry of Finance as an instrument in driving this transition. In general, there is an urgent need in the republic to formulate a high-quality and consistent action plan. This requires the integration of specific mechanisms into the public financial management (PFM) system to support the green economy agenda. However, this work should complement, support, but not overshadow ongoing work on the framework for ongoing PFM reform.

Potential areas of application of the green aspects in the reform currently being implemented by the Ministry of Economy and Finance of the Republic of Uzbekistan (MoEF) could include the following:

Budgeting. The MEF has now begun to carry out full-scale implementation and implementation of program budgeting in the ministries and departments of the republic. This could form the basis for a simple green budgeting system that would:

- (a) assessing the environmental impact of budgetary and fiscal policy measures and
- (b) assessing their consistency in relation to the implementation of national and international obligations.

Tax policy and administration. Some environmental taxes are currently levied, in particular pollution charges. Their impact can be enhanced if they are focused on a number of major pollutants or by replacing some of them with tariffs that reflect the cost of waste collection and disposal [4].

Government procurement. Uzbekistan adopted a law on public procurement, which laid the foundation for the "green" transformation of public procurement. Sustainable procurement generally requires that customers integrate social,

economic or environmental criteria with standard price and quality considerations when purchasing goods and services. The result could be improved cost-effectiveness of procurement by better integrating parameters such as energy efficiency or resource consumption into the procurement process. It is necessary to study, on the basis of relevant international experience, the possibility of applying this concept in practice in Uzbekistan.

Debt management. The MEF is already issuing Eurobonds on the international capital market. The Republic of Uzbekistan is increasing its investment activities in the field of renewable energy sources (hydropower, solar energy) and energy efficiency. Green bonds, on the other hand, account for 3.5% of global bond issuance (\$250 billion in 2019) and have the potential to help governments raise the necessary capital to finance sustainable investment projects. However, carrying out full-fledged work will require additional resources in terms of capacity building for:

- (a) identifying the assets that meet the relevant criteria for the issue,
- (b) developing a green bond scheme specifying how bond proceeds will be released,
- (c) engaging an approved controller to obtain pre-issue certificates and
- (d) annual reporting to bondholders through public disclosure.

Transformation of state-owned enterprises. The MoEF began to supervise a group of large state-owned enterprises (SOEs) subject to transformation [5]. There are no immediate plans to privatize these SOEs; they will form the core of the state's asset portfolio for the coming years. These enterprises include public utilities (water and energy utilities) that will play a critical role in the green economy agenda. Priorities for providing support to these companies include:

- (a) preparation of financial statements in accordance with IFRS,
- (b) defining roadmaps for obtaining credit ratings,
- (c) identifying strategies to improve operational efficiency,
- (d) implementation of modern corporate governance systems, including audit of procurement and management systems, and
- (e) ensuring the presence of independent administrators on supervisory boards.

Of course, any discussion of the above areas of green development should begin with developing a better understanding of relevant international experience and potential paths of implementation for Uzbekistan.

In this regard, for a more complete understanding of the potential scope of "green" budgeting, we will dwell on this area of the public finance management system in more detail. Green budgeting is the process of using fiscal policy tools to achieve environmental and climate goals, which includes assessing the impact of budget and tax policies on the environment and assessing their consistency with the implementation of national and international obligations. "Ecological" budgeting is considered as one of the tools for budget reform, facilitating an informed, fact-based discussion about sustainable development both among experts and society as a whole [6].

The prerequisites for the development of "green budgeting" are the following:

- "UN Sustainable Development Goals until 2030" (SDG), of which six of the seventeen goals (SDGs 6, 7, 12, 13, 14 and 15) are directly related to environmental and climate issues;
- Paris Climate Agreement (2015) and Paris Cooperation of the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) on Green Budgeting (2017).

During the work of the OECD Paris Cooperation, the following main analytical documents and methodological guidelines for preparing a green budget for countries were developed and published:

1. Tagging on the principles of green budgeting: introductory guidance and principles (Green Budget Tagging: Introductory Guidance & Principles), 2021;
2. Climate Change and Long-term Fiscal Sustainability, 2021;
3. Green budgeting and tax policy tools to support a green recovery, 2020;
4. A Comprehensive Overview of Global Biodiversity Finance, 2020;
5. Tracking Economic Instruments and Finance for Biodiversity, 2020 and others [7].

According to the "green" methodology, the budget, as environmental criteria of the state budget, must identify the impacts of government revenues and expenditures (both positive and negative) in relation to six environmental goals:

- combating climate change,
- adaptation to climate change and prevention of natural risks,
- water resources management,
- closed-loop economy, waste and technological risk prevention,
- combating pollution,
- biodiversity and protection of natural, agricultural and forest areas.

For each of these goals, the impact is favorable, neutral, or unfavorable [8].

The Figure illustrates a kind of diagram of the basics of forming a “green” budget for countries that have expressed their intention to implement it, which includes four main blocks.



Figure 1 : Basics for creating a green budget [9]. (Source: The author development).

Based on the new methodology, the world’s first “green budget” was published by France. It has four defining characteristics that make it, according to experts, the most comprehensive in the world today:

- provides an assessment of the “green” impact of all state budget expenditures;
- it also covers tax expenses;
- reflects not only issues related to climate change, but also other environmental issues such as biodiversity conservation and pollution control;

Evaluates not only environmentally friendly costs, but also costs that have negative impacts [9]. This approach (initiated in 2019) is implemented in a dual context: in response to the OECD initiative on environmental budgeting (Paris Cooperation on Environmental Budgeting) and also allows for a revision of the accompanying budget documents related to the environment. The world’s first environmental impact report of the government budget, accompanying France’s 2021 finance bill, analyzes the environmental impact of the 2021 government budget, presenting all the funds, public and private, mobilized in favor of the green transition and directions of state policy have been determined. Of course, the French experience is useful for studying by other countries that have joined or intend to join the Paris Climate Agreement. Thus, a number of international financial organizations (IMF, World Bank, etc.) and economists, including financial analysts, consider the formation of a subsystem of so-called “green” finance to be one of the fundamental changes within the existing global financial system. However, the very concept of “green finance” is not generally accepted and its generally accepted scientific definition has not yet been developed.

In turn, Uzbekistan is currently in the process of developing and implementing a climate tagging budget model (CBM) related to the UN Sustainable Development Goals (SDG) 13. The CBL provides for the “labeling” of individual items of the planned or executed budget in accordance with their significance from a climate perspective and then publishing the results. The MSC is expected to encourage policymakers to take greater account of the climate change impact of their budget decisions; will help track progress in implementing climate change strategies; and will also improve communication with stakeholders on government activities in the field of climate change. Over time, these benefits may allow a country to both access and effectively budget additional climate finance resources. Over the course of the analysis, climate-positive budget expenditures increased in absolute terms and showed annual percentage growth. The share of climate-positive expenditures in total State budget/GDP expenditures ranged from 10.3/2.5% in 2020 to 11.1/3.0% in 2022 - their total amount in 2022 was 26,302.4 billion soums (Table 1).

Table 1: Climate-positive budget expenditures 2020-2022.

	2020 y.	2021 y.	2022 y.
State budget expenditures, total (billion soums)	144 143,0	188 257,0	236 579,0
Climate-positive spending, total (billion soums)	14 878,9	16 809,8	26 302,4
GDP (billion soums)	602 193,0	738 425,0	888 342,0
Climate positive spending (% of total budget spending)	10,3%	8,9%	11,1%
Climate positive spending (% of GDP)	2,5%	2,3%	3,0%
State budget expenditures, total, change in % year-on-year		130,6%	125,7%
Climate-positive costs, % change year-on-year		113,0%	156,5%

(Source: The author development).

The sectoral distribution of climate expenditures was uneven: the largest share was made up of climate-positive expenditures in agriculture and forestry (>40%), followed by expenditures in transport and water supply (Table 2).

Table 2: Climate-positive expenditures within the functional classification in 2020-2022 (billion soums).

Sector within functional classification	Group within functional classification	2020 y.	2021 y.	2022 y.
General government services	Legislative and executive authorities, public administration, budgetary and financial relations, international relations	289,4	1 442,1	4 233,7
Economic issues	Agriculture, forestry, fisheries and hunting	6 402,7	8 212,8	13 618,0
	Transport	5 073,2	2 607,6	3 509,7
	Economic relations (not included in other groups)	0,3	9,5	153,5
Environmental protection	Environmental protection (not included in other groups)	242,3	317,8	0,9
Housing and utilities	Water supply	2 000,7	3 017,0	3 193,6
	Street lighting	155,4	174,2	212,8
	Housing and communal services not included in other categories	170,2	431,6	805,4
Social protection	Costs for coastal development	180,1	129,3	11,9
	Social protection issues not classified elsewhere	364,7	468,0	563,0
Overall		14 878,9	16 809,8	26 302,4

(Source: The author development).

The sectoral distribution of climate expenditures was uneven: the largest share was made up of climate-positive expenditures in agriculture and forestry (>40%), followed by expenditures in transport and water supply (Table 2).

Table 3: Climate costs by nature of climate change.

	2020 y.	2021 y.	2022 y.
Mitigation of consequences (billion soums)	205,1	535,3	612,7
Adaptation (billion soums)	14 264,8	15 966,3	25 414,8
Mixed (combined) impact (billion soums)	409,0	308,3	274,8
Current measures to combat climate change, total (billion soums)	14 878,9	16 809,8	26 302,4
Mitigation (%)	1,4%	3,2%	2,3%
Adaptation (%)	95,9%	95,0%	96,6%
Mixed (combined) impact (%)	2,7%	1,8%	1,0%

The following main results were obtained during the analytical assessment of government spending:

- From 2020 to 2022, climate expenditures showed a steadily growing trend, both in absolute terms and as a percentage of total budget expenditures: they increased from 2.5% of total budget expenditures (2020) to 3.0% (2022). This trend allows us to conclude that in the budget process, mitigation and adaptation to the effects of climate change are being given increasing attention and priority.
- The sectoral distribution of climate costs is uneven: the agriculture (irrigation) and transport sectors together account for more than 65% of all climate costs (as of 2022).
- The expenditure analysis covered only State budget expenditures. Funds for the implementation of projects (programs) raised through external sources (external loans and official grants from development partners) were excluded from the analysis since they are not reflected in the revenues and expenses of the State budget. The level of relevance of these expenditures for mitigation and adaptation to the effects of climate change is not disclosed.
- The overall effectiveness of climate change-related fiscal measures ranges (preliminary data) from 101.8% in 2020 to 106.0% in 2021 and 99.4% in 2022. The overall dynamics for 2020-2022 may not be fully representative and/or clear due to the COVID-19 crisis and additional budgetary costs incurred.
- Adaptation measures accounted for about 95% of all climate costs. The share of mitigation measures and measures regarding the impact of a mixed (combined) nature is insignificant (in total less than 5%).
- The share of climate-negative budget expenditures in total State budget expenditures ranged from 1.1% in 2020 to 0.6% in 2022.

However, we must recognize the fact that, in addition to combating climate change, there are also a number of other environmental issues (or "green" issues) that are integral to the SDGs. While tackling climate change remains a fundamental challenge, there are also a number of other pressing environmental priorities that can be either mitigated or made worse by public spending decisions. Accordingly, Uzbekistan is interested in broadening its approach to MSP to also take into account how the country's budget may affect environmental issues unrelated to climate change. This approach is known as green budget labeling (GBL). In many important respects, the MSA can be viewed as a continuation of the current MSA.

The IMB is carried out using the functional budget classification. Of those budget classifications that provide complete coverage of the State budget, the functional classification provides the best understanding of the direction of expenditures. For example, it identifies costs in various sectors such as agriculture, forestry, energy, waste management, wastewater management, pollution control - all of which is important information for understanding whether the incurrence of certain costs will affect the bottom line. results on environmental protection ("green" results)

in Uzbekistan. However, in the future it is necessary to carry out budget labeling using the classification of program budgeting when it is fully implemented.

4. CONCLUSION

To effectively integrate green budgeting into the budget process, the following evidence-based steps are proposed:

- The Ministry of Finance should initially be responsible for green budget labeling, but this should transition to relevant ministries/departments as program budgeting is expanded. This will enhance ownership and sustainability.
- Independent experts should provide quality assurance during the initial stages, transitioning to a dedicated working group as institutional capacity develops. This will ensure consistency and accuracy.
- Green budget tagging should first occur after budget requests are submitted to the Ministry of Finance. Subsequently, it should happen earlier when programs are developed within ministries/departments. This will embed green budgeting within planning.
- A manual approach is preferable to IT integration until processes are institutionalized and stakeholders are proficient. This will allow learning and adjustments.
- Results should be published widely to raise public awareness and transparency. This will build support and accountability. Successful green economic policies require institutions that provide evidence, expertise, advocacy and coordination across sectors. Uzbekistan's long-term green transition should adhere to principles like:
 - Alignment with sustainable development goals
 - Resource efficiency and sustainable production
 - Incorporating environmental-social metrics
 - Prioritizing green tools to achieve goals
 - Enhancing competitiveness and well-being
 - Ensuring investment attractiveness

Effective green budgeting necessitates enhanced policy alignment and specific fiscal instruments. As climate change efforts span all sectors, coordinated and coherent policies are essential for impact. Favorable regulatory and fiscal environments can incentivize sustainable practices across key industries.

5. REFERENCES

1. Porfiryev BN, Vladimirova IL. The role of "green construction" in the formation of a socially oriented economy in the world and in Russia. *Problems of theory and practice of management*. 2015;6:8-19.
2. World Bank. Uzbekistan's energy efficiency facility for industrial enterprises project, Project Paper. 2018.
3. Kahn E, et al. Long term macroeconomic effect of climate change: a cross-country analysis. IMF Working Paper. 2019.
4. UNECE. Uzbekistan Third Environmental Performance Review. 2020.
5. Presidential Decree of October 27, 2020 No. UP-6096 "On measures to accelerate the reform of enterprises with state participation and privatization of state assets".
6. OECD. OECD-Green Budgeting Framework-Highlights [Internet]. Available from: <http://www.oecd.org/environment/green-budgeting/OECD-Green-Budgeting-Framework-Highlights.pdf>
7. Khaidarov AY. Prospects for the introduction of green budgeting. *Rynok, dengi i credit*. Tashkent: 2023;6:6-12.
8. OECD. OECD-Green Budgeting Framework-Highlights [Internet]. Available from: <http://www.oecd.org/environment/green-budgeting/OECD-Green-Budgeting-Framework-Highlights.pdf>
9. IMF. Frances green budget for 2021 [Internet]. IMF Blog: PFMBlog; 2020 [cited 2023 Sept 2]. Available from: <https://blog-pfm.imf.org/pfmblog/2020/11/frances-green-budget-for-2021-.html>



How to cite this article: **Ahadbek KHAYDAROV**. PREREQUISITES AND FEATURES OF TRANSITION OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN TO A "GREEN" ECONOMY AND THE PRINCIPLES OF "GREEN" BUDGETING. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023; 17(6): 16-22. DOI: 10.5281/zenodo.10247223

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

ASPECTS OF ENSURING FINANCIAL SECURITY OF CONSTRUCTION ENTERPRISES

| Umarova Nargiza Khodarovna |

Tashkent State University of Economics | Tashkent, Uzbekistan |



DOI: 10.5281/zenodo.10247216 | Received October 07, 2023 | Accepted November 30, 2023 | Published November 02, 2023 | ID Article | Umarova-Ref1-5-17ajiras271123 |

ABSTRACT

Introduction: The article delves into the theoretical and methodological dimensions surrounding the financial security of construction enterprises. The author emphasizes that financial security reflects the maximum degree of an enterprise's financial protection against both real and potential external and internal threats. This concept is intricately tied to the quantitative and qualitative parameters of the enterprise's financial position, considering the establishment of priority financial interests for both short-term and long-term sustainability. **Objective:** The primary objective of the study is to establish a comprehensive understanding of the financial security of construction enterprises. This involves identifying a system of financial prerequisites essential for future growth and development. Additionally, the study emphasizes the need for constant monitoring of financial security and the formulation of a proactive set of preventive and control measures. **Methods:** In addressing these objectives, the article employs a methodological approach that navigates the complexities of financial security. The methods involve analyzing the formation of priority financial interests, assessing short-term and long-term sustainability factors, and developing a system for continuous monitoring. The emphasis is on establishing a robust framework for growth, development, and the effective mitigation of financial risks. **Results:** The outcomes of the study shed light on the crucial components of financial security for construction enterprises. This encompasses the identification of key parameters influencing financial protection, the establishment of preventive measures, and the continuous monitoring of financial well-being. The results provide a foundation for understanding how financial security can be enhanced, contributing to the long-term sustainability and growth of construction enterprises. **Conclusion:** In conclusion, the article underscores the significance of financial security as a critical aspect of enterprise management. It advocates for a proactive approach, urging enterprises to adopt preventive and control measures to navigate the dynamic landscape of financial risks. The study positions financial security as a continuous process, necessitating ongoing attention and adaptation to ensure the sustained growth and resilience of construction enterprises.

Keywords: financial security of the enterprise, threats to financial security, financial interest, financial stability.

1. INTRODUCTION

Financial security is a critical aspect of an enterprise's resilience against potential threats arising from both external and internal environments, ultimately facilitating the attainment of its predefined objectives [1]. It involves the establishment of a robust system that can effectively withstand various internal and external challenges. Regular monitoring and in-depth analysis of the security level are imperative to identify potential vulnerabilities and establish preventive or control measures [1, 2]. A well-controlled organizational security system not only safeguards the entity but also contributes significantly to its competitiveness, ensuring stability in the market for services or manufactured goods. Moreover, it plays a pivotal role in attracting investment capital, thereby fostering the capacity for present and future development [1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. The proactive management of financial security aligns with sustainable practices, promoting longevity and efficiency in an organization's operations.

2. Literature review

Financial security is a state of protection of an enterprise from the negative influence of threats from the external and internal environment, which ensures the achievement of its set goals [1]. The financial security of an organization is a state in which the organization is able to withstand both internal and external threats. What is needed for this is to constantly monitor and analyze the safety level, create systems of preventive or control measures. If the security of an organization is under strict control, this ensures competitiveness, stability in the market for services or manufactured goods, the influx of investment capital, the possibility and efficiency of development, both in the present and in the future. [3].

3. RESULTS AND DISCUSSION

In an unstable economy, an enterprise during its development needs to ensure the protection of its financial interests in order to maintain its position in the market and receive the maximum possible profit. The basic principle of maintaining the financial security of an enterprise is the implementation of control and balancing of income and expenses of an economic entity [4].

The main threats to financial security are:

1) macroeconomic problems:

- a protracted economic crisis, a slow recovery from it, or even its positive dynamics;

- reduction of resources in the economic system to overcome the financial crisis and achieve successful carrying out further reforms;
- deterioration in the solvency of the population;
- criminalization of economic relations, growth of economic crime, corruption;
- imperfection of the legal framework of enterprises;
- unreliability of business partners of the enterprise;
- instability of energy prices [2];

2) microeconomic problems:

- presence of significant financial obligations of the enterprise;
- insufficient qualifications of management personnel;
- ineffective internal financial control system;
- ineffective strategy and policy of the enterprise in the field of production and marketing;
- violations of cash and payment disciplines;
- errors in the field of management, in particular agreements and contracts of the enterprise from the point of view of their legal aspects [3; 6].

A threat to financial security is a manifestation of the negative impact of external or internal factors, which leads to economic damage to the organization. Conventionally, they can be divided into external and internal. It is impossible to prevent external threats, since their occurrence does not depend on the activities of the organization. But it is possible and necessary to develop a system of protective measures that can reduce or eliminate the negative impact. Internal threats arise from the activities of the organization (management errors, thoughtless purchases, etc.).

External threats include the following:

- macroeconomic monetary and financial-credit crisis;
- revolutions, coups d'etat, crisis in political power, governance of the country;
- changes in interest rates for lending to an organization;
- unstable exchange rate, restrictions on the sale or purchase of currency;
- natural disasters;
- lack of investment;
- insufficient legal and regulatory framework;
- high inflation.
- Now we list the internal threats to financial security:
- management errors, lack of long-term planning;
- weak marketing promotion;
- lack of financial planning;
- illiquidity of the organization's assets;
- erroneous pricing policy;
- outdated technological equipment;
- lack of necessary qualifications among personnel;
- leakage of commercial information, absence or poor performance of a security service;
- non-compliance with contractual obligations, low level of reputation [11].

Again, what was mentioned in the article above is confirmed - financial security concerns not only finances, but also everything that happens in the organization. Accordingly, financial security is the basis for effective work and long-term development.

Table: Higher education institutions and the number of students in them [7]

Territories	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Republic of Uzbekistan	388,4	1453,1	8245,8	25423,1	88130,3	107492,7	130790,9
Republic of Karakalpakstan	21,8	61,7	237,1	1219,3	3992,5	4480,6	5272,4
Andijan	23,5	73,8	345,3	1341,9	4673,0	5657,8	6864,1
Bukhara	30,8	152,4	580,0	2061,7	5659,8	7401,1	8448,7
Jizzakh	7,5	37,3	211,5	759,2	2715,0	3085,4	3446,4
Kashkadarya	34,8	161,7	699,2	2067,5	4832,6	6336,6	7793,8
Navoi	17,3	98,8	418,9	1019,2	3944,7	5155,5	5855,0
Namangan	21,6	69,5	347,9	1010,4	4678,2	5556,7	6653,2
Samarkand	32,9	86,8	519,7	2010,6	5755,3	7385,7	8895,4
Surkhandarya	17,4	76,7	335,9	1351,3	4774,7	5868,4	6521,9
Syrdarya	9,2	26,7	134,9	478,9	2407,6	2708,8	3260,1
Tashkent	25,5	132,1	509,9	1562,0	7102,6	9401,2	12237,4
Fergana	30,0	90,2	489,2	1649,0	5473,9	6993,7	8646,0
Khorezm	25,8	74,4	282,7	1174,7	2856,8	4228,5	4878,4
Tashkent city	82,3	297,9	1228,4	4113,0	19215,4	26535,3	32946,1

Investments in fixed capital means a set of expenses aimed at the purchase and reproduction of new fixed assets. The dynamics of the volume of investments in fixed capital over the last five years shows that it has increased by almost four times and has a growing trend. In January-September 2023, the share of capital investments financed from centralized financing sources decreased by 1.4 percentage points compared to the corresponding period of 2022 and reached 13.1% or 29.6 trillion. soums. Accordingly, 197.0 trillion from decentralized sources of financing. soums or 86.9% of total investments were absorbed, which increased by 1.4% compared to the corresponding period of last year [8].

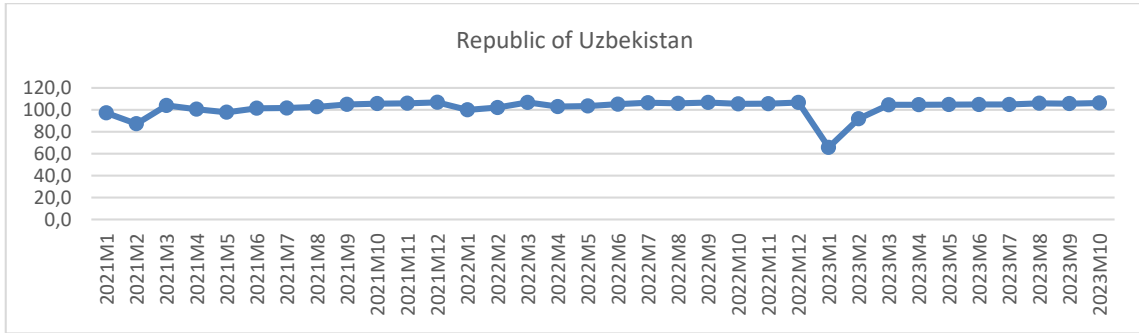


Figure 2: Construction works (growth rate, %) [9].

In January-September 2023, 62.0% of investments in fixed capital or 140.5 trillion. soums were financed from the funds raised, from the own funds of the enterprise, organization and population. 38.0% or 86.1 trillion soums were financed. 3,615 large enterprises and 1,699 small enterprises and micro-firms received reports on the formation of investment statistics indicators for January-September 2023. The highest indicators and growth rates in terms of sources of financing of capital investments were due to foreign direct investments, which amounted to 147.3% compared to the corresponding period of the previous year. 48.3 trillion from unguaranteed and other foreign investments and loans. soums or a total of 21.3% of investments, which decreased by 3.1% compared to the corresponding period of the previous year.

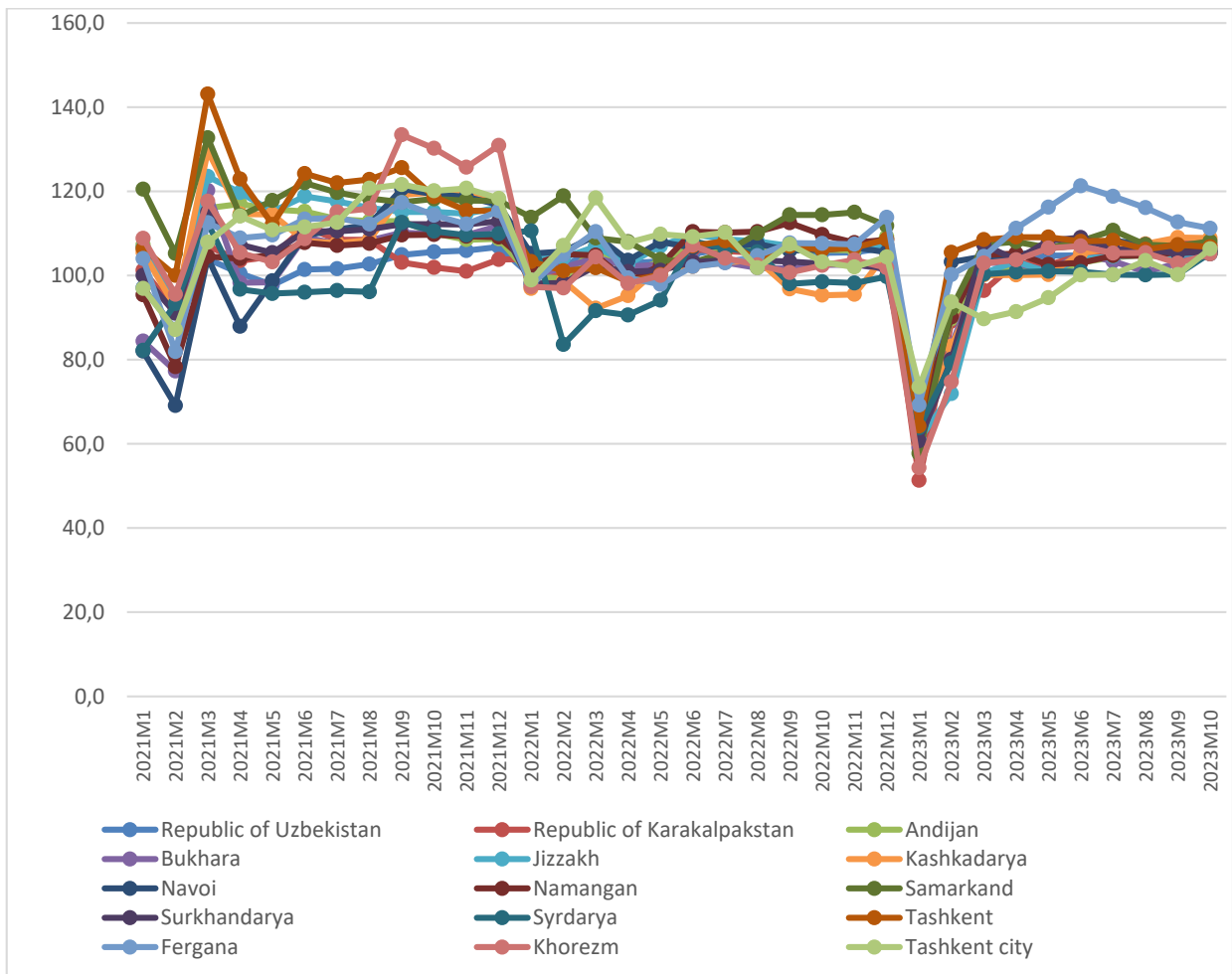


Figure 3: Number of higher education institutions (unit) [10].

A total of 107,793.3 billion in the Republic of Uzbekistan in January-September 2023. Soum construction works were completed, and the growth rate increased by 5.6% compared to the corresponding period of the previous year.

The indicators of construction work by types of economic activity showed that the construction of buildings and structures took 69.8%, the growth rate was 103.6% compared to the corresponding period of the previous year, the share of construction of civil facilities was 21.0%, the growth rate was 105.3%. and the share of specialized construction works was 9.2%, the growth rate was 125.3%.

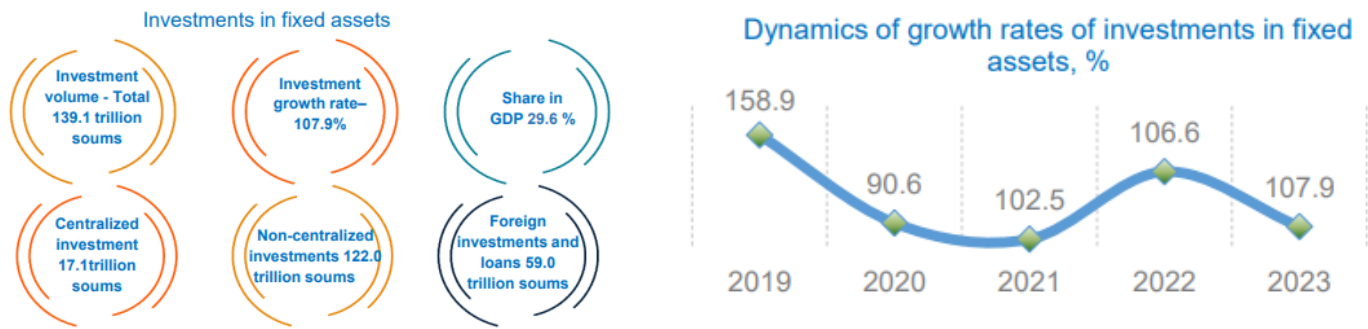


Figure 2: Investment in fixed assets and dynamic of growth rates of investments in 2019-2023.

Most of the construction works performed in January-September 2023 relate to the construction of new buildings and structures. 70.5% of the total construction works or 76029.5 billion. Soum construction works are aimed at creating new production facilities, housing and other social facilities in the economy.

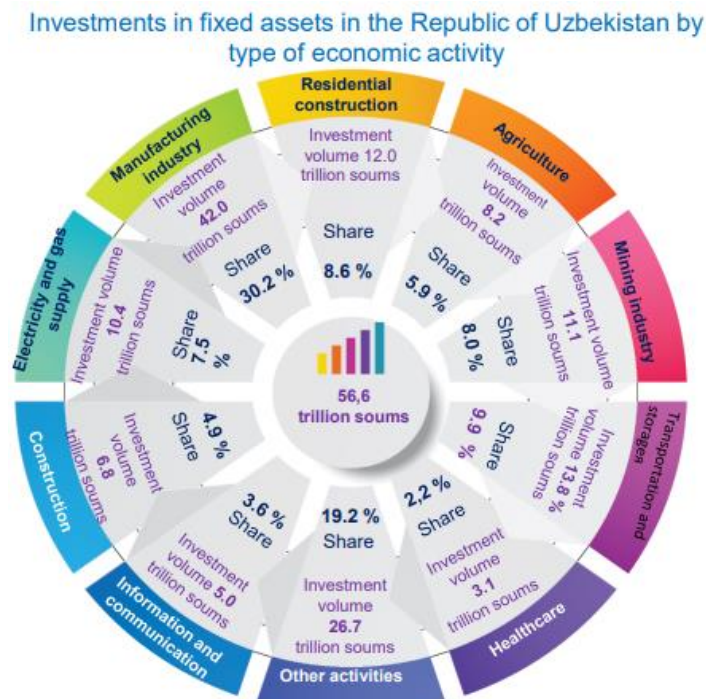


Figure 2: Investment in fixed assets in the Republic of Uzbekistan by type of economic activity in 2023 year.

The volume of construction works performed by large organizations in January-September 2023 is 27,802.8 billion. amounted to soum. Compared to the corresponding period of the previous year, the growth rate of construction works reached 105.0% and their share in the total volume was 25.8%. The largest share of construction works performed by large organizations in the total volume of construction works fell on the regions of Tashkent city (29.2% of the total construction works in the region), Kashkadarya (24.7%) and Fergana (20.5%). Conclusions can be drawn about the level of financial security of an enterprise based on many different interrelated financial indicators, most of them are represented by indicators characterizing an economic entity from the perspective of its liquidity, solvency and financial stability.

Based on the value of the indicator, we can draw a conclusion about the level of financial security of the subject. Beyond the threshold values, the enterprise loses the ability for financial stability, dynamic economic growth, and competitiveness [10]. Industrial production is one of the most complex areas of the national economy. This area is subject to both internal and external factors causing instability and unforeseen situations. Therefore, for effective management, you should adhere to the algorithm for ensuring financial security (Figure 1).

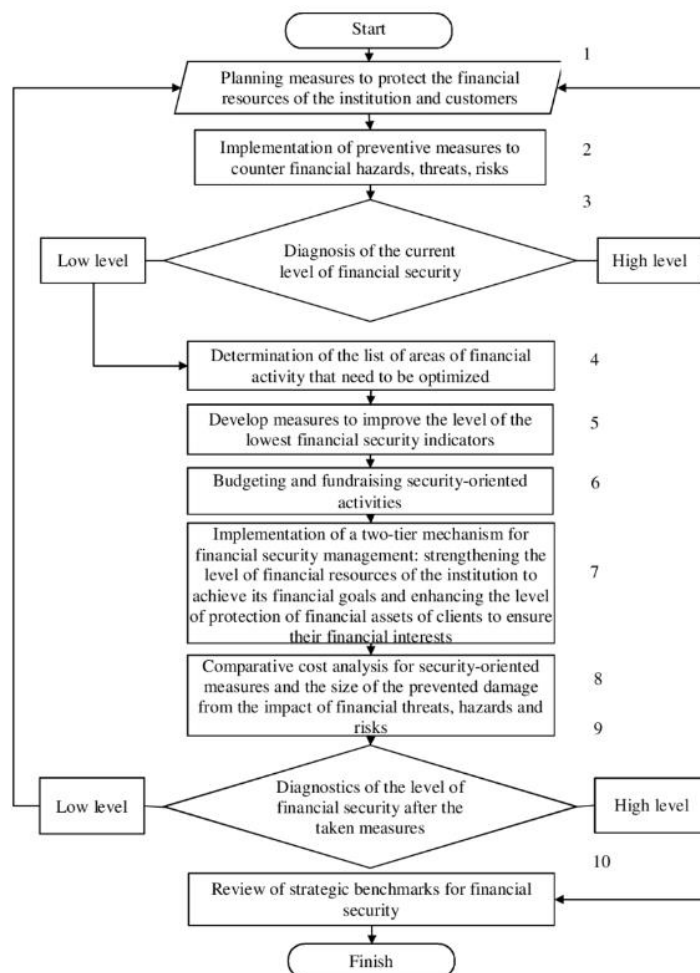


Figure 2: ten-step algorithm for managing the financial security [13].

First block: risk management. For an industrial enterprise, as a rule, the most significant threats are:

- a significant increase in prices for resources during the year;
- the risk of lack of demand for products;
- unpredictable changes in exchange rates;
- unstable situation in the country.

Financial threats are fundamental. This is the risk of insolvency and creditworthiness of the enterprise. To overcome threats and solve problems of ensuring the financial security of an enterprise, its financial stability should be analyzed. The main measures to increase and strengthen the financial security of an enterprise can be:

- search for alternative counterparties, entering new markets and gaining a foothold in them;
- diversification of suppliers, their careful selection;
- establishing limits for managing accounts receivable and for borrowing;
- work to reduce production costs;
- production automation;
- introduction of advanced forms and systems of remuneration;
- increasing investment activity [7].

The management of the enterprise needs to assess the level of financial security in order to timely make the right management decisions to optimize the functioning of the enterprise and prevent threats that could negatively affect the activities of the business entity and even lead to bankruptcy. An increase in the level of financial security is due to the ability of enterprise managers to ensure the economic development of the company while maintaining liquidity and independence, neutralize the negative impact of the economic crisis, and effectively use available resources; develop and implement a system for continuous operational monitoring of the company's financial condition; ensure the most accurate reporting possible.

From this we can formulate the conclusion that ensuring the financial security of an enterprise is a priority task. Therefore, timely and systematic monitoring of the financial condition of the enterprise should be carried out in order to identify possible threats and determine measures to neutralize them [9]. Thus, financial security is a complex concept that affects all financial activities of an economic entity, as well as threats and factors affecting it. The financial security of an enterprise

can also be defined as part of economic security, which is characterized by a stable financial position, the ability to effectively use financial resources, competently managing internal and external threats, to ensure the effective development of activities, the implementation of the enterprise's strategy in the present and future.

Taking into account the considered main characteristics, the content of the concept of financial security can be defined as follows. The financial security of an enterprise reflects the maximum level of its financial protection from real and potential threats of an external and internal nature, determined by the quantitative and qualitative parameters of its financial condition, taking into account the formation of a set of priority financial interests and the creation of a system of necessary financial prerequisites for sustainable growth and development in the short and long term. subject to constant monitoring of financial security and the formation of a set of preventive and control measures.

6. CONCLUSION

In modern conditions, to be successful, an enterprise needs to create a financial or economic security department. This department is obliged to protect and support the financial activities of the enterprise, in order to avoid various threats from the external and internal environment. This department should solve the following tasks:

1. Diagnosis of external and internal threats and neutralization of these threats;
2. Protection of the enterprise in times of crisis;
3. Protection of information and preservation of trade secrets;
4. Search for effective methods of hiring, monitoring activities and dismissing personnel;
5. Creation of a system for managing and minimizing economic risks;
6. Checking the reliability of the counterparty company, etc.

The choice of financial security strategy is influenced by a number of factors. Thus, the financial security strategy of an enterprise is determined by the goals and objectives of the overall development strategy. For example, if an enterprise is aimed at innovative development, it will strive to attract investment, and therefore to the most "transparent" financial reporting and compliance with financial discipline. But if the organization's goals lie in the plane of the "shadow" economy, then the financial strategy will be exactly the opposite. Thus, the role of a strategy for ensuring financial security in the economic security system of an enterprise is to ensure the continuity of economic activity by preventing the onset of insolvency and a financial crisis throughout the entire period of operation of the organization. The strategy for the financial security of an enterprise, as an integral part of its development strategy, is a mechanism for solving two main problems that any business entity faces, namely: the search for an optimal capital structure and the construction of a financial management system. The significance of the optimal capital structure of an enterprise, formed as a balanced cash flow from all types of activities, lies in the possibilities of minimizing the risks of financial independence [12].

It should be noted that the difficult conditions for the development of the financial sector and ensuring financial security, caused by the global financial and economic crisis, prompted the management of many Russian enterprises to more closely analyze possible ways to improve the financial security system, since: Firstly, the process of developing areas for improvement financial security system of a commercial organization, allows you to make maximum use of the organization's financial resources. Secondly, the need to make adjustments to the financial security system requires a comprehensive analysis of shortcomings in the activities of commercial organizations. To increase financial security, the following actions can be proposed: – adjusting the structure of funding sources towards increasing more stable ones and reducing the most short-term ones, namely accounts payable; – reducing the need for financial sources by getting rid of non-performing assets and accelerating staff turnover.

5. REFERENCES

1. Basovsky LE. Financial management. Moscow: NIC INFRA-M; 2016. 458 p.
2. Bashirina EN. Features of modernization of the political system of Russian society [dissertation abstract]. Ufa: Bashkir State University; 2011. p. 4-5.
3. Bashirina EN, Firsova NV. Restriction of the principle of freedom of contract in contracts of adhesion in the light of changes in civil legislation. *Eurasian Legal Journal*. 2016;2(95):129-130.
4. Blazhevich OG. The content of the concept of "financial security of an enterprise" and the formation of a system of indicators for its assessment. *Scientific Bulletin: finance, banks, investments*. 2019;2:30-36.
5. Blazhevich OG, Kirilchuk NA. Assessing the financial security of an enterprise and identifying ways to improve it. Available from: https://elibrary.ru/query_results.asp.
6. Vityazeva TA. Accounting and analytical support for the financial security of an enterprise. *Science*. 2018;4:15-19.
7. Volodina IG. Ways to ensure the financial security of an enterprise. *Young scientist*. 2016;9:156-160. Available from: <https://moluch.ru/archive/56/7731/> (accessed 05/21/2019).
8. Minaeva EV. Development of modern systems for managing changes in the internal environment of organizations. *State and municipal management*. 2018;1:17-18.
9. Oleynikov EA. Factors threatening the financial security of an enterprise. *Expert*. 2018;11:23-27.
10. Tsvetkova ES, Mamontova YP. Problems of ensuring the financial security of an enterprise and ways to overcome them. *Electronic Bulletin of the Rostov Social-Economic Institute*. 2017;3:501-504.
11. Appkk.ru. Threats to financial security of organizations and methods of combating them. Available from: https://appkk.ru/info/blog/ugrozy_finansovoy_bezopasnosti_organizatsii_i_metody_borby_s
12. Elar.urfu.ru. Development of a modern system for managing the financial security of a financial institution. Available from: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/116737/1/978-5-91256-557-1_2022_207.pdf
- 13.

Zachosova N. Financial Security: Problems of Operational and Strategic Management, Risks and Peculiarities of Public Administration. Przeworsk: WSSG, Przeworsk (Poland); 2019. 114 p. ISBN 978-83-9373-937354-9-5. Available from: https://www.researchgate.net/figure/1-A-ten-step-algorithm-for-managing-the-financial-security-of-a-financial-institution_fig3_339550392



How to cite this article: Umarova Nargiza Khodarovna. ASPECTS OF ENSURING FINANCIAL SECURITY OF CONSTRUCTION ENTERPRISES.*Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023; 17(6): 9-15. DOI : [10.5281/ZENODO.10247216](https://doi.org/10.5281/ZENODO.10247216)

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non-Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

ADOPTION OF ELECTRIC VEHICLES AND RENEWABLE ENERGY CHARGING SYSTEMS IN BANGLADESH: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES

| Mushfiq Us Salehin ^{1*} | Ishrak Amin Joarder ² | and | Sheikh Walid Hasan ³ |

Department of Electrical & Electronics Engineering | BRAC University | Dhaka, Bangladesh |



| DOI: 10.5281/zenodo.10231788 | Received October 07, 2023 | Accepted November 30, 2023 | Published December 01, 2023 | ID Article | Mushfiq-Ref1-5-17ajiras251123 |

ABSTRACT

Introduction: Embarking on a visionary journey through the bustling thoroughfares of modern Bangladesh, our research paper sets the stage for a narrative where the synergy of Electrical Vehicles (EVs) and renewable charging systems unfolds, painting a canvas of sustainable mobility. This creative odyssey transcends the mundane realms of technological discourse, diving deep into the pulsating heart of the nation where innovation, policy, and socio-economic tapestries converge to shape the trajectory of electric mobility. **Objective:** In this narrative, EVs are not mere vehicles but emissaries of change, heralding a harmonious dance with renewable charging systems. The overarching objective of our study is to meticulously dissect the current landscape of EV adoption, tracing the footprints of progress etched by technology, and policy nuances. The heartbeat of this research lies in the intricate connection between the evolution of renewable charging infrastructure and the unfolding green revolution in transportation. **Methods:** Our study employs a methodical approach, examining the symphony that echoes the accessibility challenges, unraveling the threads that tether us to conventional mobility, and weaving a narrative of possibilities. As we peer into the future, the environmental implications of this electric journey come into focus a tale of how Bangladesh, with its unique energy panorama, aligns EVs with renewable energy sources. **Results:** The paper doesn't merely analyze; it invites stakeholders policymakers, industry visionaries, and the spirited community to join hands in orchestrating a sustainable and electrifying future for mobility in Bangladesh. As a result, our creative synthesis of literature, policy insights, and empirical analysis reveals a compelling story where each decision, each innovation, propels us toward a greener, more electrifying tomorrow. **Conclusion:** In concluding our research, we recognize that this is not just a document; it's a call to co-author a story. A story where each stakeholder becomes a protagonist, actively contributing to a narrative where sustainability and electrification intertwine seamlessly, offering a promising future for mobility in Bangladesh.

Keywords: *Electric vehicle, Solar charging system, Renewable.*

1. INTRODUCTION

Energy stands as a cornerstone for sustainable development, playing a pivotal role in mitigating poverty. In the context of Bangladesh, approximately 77.9% of the overall population enjoys access to electricity. However, the nation's energy landscape is predominantly shaped by conventional fuels, with a heavy reliance on resources like natural gas and coal. Within this energy mosaic, the total power generation capacity in Bangladesh currently amounts to 16,041.73 MW, inclusive of off-grid renewable energy sources. Notably, renewable energy contributes a modest 2.81% to the overall energy portfolio, reflecting both the progress made and the potential for further advancements in sustainable energy practices [1]. The finite nature of natural gas and coal resources in Bangladesh raises concerns about the sustainability of power generation. Recognizing the potential challenges posed by increasing electricity demands, the Government of Bangladesh has proactively initiated measures to address the situation. To diversify the energy mix and enhance resilience, the government aims to implement 2000 MW of renewable energy capacity by the year 2021. Additionally, there is a strategic plan in place to achieve a substantial power generation capacity of 24,000 MW. This ambitious target is intended to meet the growing demand for electricity, and the strategy includes the integration of coal-fired and nuclear power plants in the energy portfolio. These concerted efforts underscore the government's commitment to ensuring a robust and diversified energy infrastructure for the nation's sustainable development [2]. However, the reliance on coal-fired and nuclear power plants, despite addressing energy demands, raises concerns about their environmental impact and the potential harm to our ecosystem. These systems are often associated with adverse effects such as air pollution, greenhouse gas emissions, and long-term environmental degradation. Balancing the need for energy security with the imperative to preserve our environment becomes a critical consideration in steering the nation's energy trajectory. Sustainable and eco-friendly alternatives must be explored and prioritized to ensure a harmonious coexistence between energy development and environmental conservation [3]. As an emerging nation, Bangladesh faces the imperative of strategically planning for the provision of high-quality and reliable electricity to ensure the foundational needs of all its citizens. This commitment to delivering consistent and dependable power is paramount for the nation's envisioned path toward sustainable development.

The planning and execution of robust electricity infrastructure are integral components of fostering economic growth, improving living standards, and ensuring a resilient foundation for the country's overall progress [4]. According to World Bank data spanning from 1971 to 2014, the per capita energy consumption in Bangladesh has shown an upward trend, averaging 131.62 kg of oil equivalent. In 2014, this figure increased to 222.22 kg of oil equivalent, equivalent to 310.39 kWh. Notably, the average percentage contribution of clean energy to the overall energy mix in Bangladesh was 0.42%, a value that rose to 2.86% in 2017. As a developing nation, Bangladesh plays a role in the global greenhouse gas (GHG) landscape, contributing to carbon dioxide (CO₂) emissions. Over the period from 1972 to 2014, the average per capita CO₂ emissions in Bangladesh stood at 0.46 metric tons, underscoring the country's position as an emitter within the global context [5, 6, 7]. The escalating number of transport vehicles, driven by the burgeoning population in Bangladesh, presents a concerning trend marked by heightened environmental pollution and increased fuel consumption. Amidst this backdrop, there is a notable and encouraging surge in the adoption of Electric Vehicles (EVs), particularly Autorickshaws and Easy Bikes. Unlike their traditional counterparts, these EVs contribute significantly fewer emissions and produce no harmful fumes. However, the lack of comprehensive statistics from the Bangladesh Road Transport Authority (BRTA) regarding these electric vehicles poses a challenge. While some of these vehicles are duly licensed, the available data indicates that the number of registered EVs stands at 2,32,303, accounting for a portion of the total vehicle count of 26,40,349. This evolving landscape signifies a positive shift towards sustainable and eco-friendly transportation alternatives [8]. Nevertheless, the rapid surge in the adoption of Electric Vehicles (EVs) in Bangladesh comes with an increased demand for electricity, necessitating an additional daily supply of more than 500 MW from the national grid. This growing energy requirement underscores the importance of simultaneously enhancing the capacity of the national grid infrastructure to accommodate the expanding fleet of EVs and advancing renewable energy solutions to ensure a sustainable and resilient power ecosystem [9,10]. Electric Vehicles (EVs) are being charged in residential areas, and the associated electricity bills are borne by residential consumers. However, this paradigm poses a challenge for the power sector, as it does not yield any profit from the charging of these EVs. Concurrently, the increasing number of EVs is exerting substantial pressure on the national grid of Bangladesh. To alleviate this strain on the grid and explore a cost-effective alternative, there is a pressing need for innovative approaches to electricity generation. This imperative calls for strategic interventions that not only address the challenges posed by EV charging but also contribute to the overall sustainability and efficiency of the national power system [11]. Bangladesh possesses abundant renewable energy resources such as solar, biogas, and biomass, offering a viable avenue for power generation. Harnessing energy from these renewable sources not only results in reduced CO₂ emissions but also entails lower operational costs, contributing to environmental cleanliness. Unlike conventional systems, renewable energy setups do not necessitate monthly billing. Leveraging renewable energy resources for Electric Vehicle (EV) charging not only enhances commercial efficiency but also has a positive impact on air quality, mitigating noise pollution in urban areas. This strategic alignment underscores the multifaceted benefits of integrating renewable energy into the charging infrastructure for EVs in Bangladesh [12]. Given its abundant solar energy resources, solar power emerges as the optimal choice for electricity production to charge Electric Vehicles (EVs) in Bangladesh. The Bangladesh Rural Electrification Board (BREB) has taken a pioneering step by installing a 21 kW Solar Charging Station (SCS) in Keranigonj. Additionally, the Bangladesh Power Development Board (BPDB) has made strides in this direction by establishing two SCSs in Chittagong and one in Sylhet, each with a power-generating capacity of 20 kW. Notably, these Solar Charging Stations have the capability to simultaneously charge 20–25 Easy Bikes, representing a significant leap toward sustainable and solar-powered EV charging infrastructure in the country [13]. Nevertheless, the dependence solely on solar energy for charging Electric Vehicles (EVs) poses challenges during rainy days and in foggy environments, where solar irradiation is absent, leading to a halt in energy production. This reliance on solar energy alone may jeopardize the system's reliability, potentially resulting in project failures. To address this vulnerability and enhance resilience, there is a crucial need to integrate alternative energy sources such as biogas and biomass. These complementary sources offer a reliable and continuous energy supply, ensuring uninterrupted electricity production for EV charging even in conditions where solar energy is unavailable.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Data Collection

Extensive literature review was conducted to collect secondary data from published reports, journal articles, conference papers, government databases, and websites of relevant organizations etc. related to:

- Energy scenario, policies and statistics in Bangladesh,
- Growth of electric vehicles,

- Charging infrastructure and technologies,
- Environmental impacts.

Key secondary data sources included:

- Sustainable and Renewable Energy Development Agency (SREDA),
- Bangladesh Power Development Board (BPDB),
- Bangladesh Road Transport Authority (BRTA),
- World Bank Database.

2.1 Primary Data

Structured interviews and surveys were conducted with relevant stakeholders to obtain primary data and insights on:

- Current adoption levels of EVs,
- Charging and operational practices,
- Government regulations and policies,
- Future growth projections and infrastructure needs.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Electric Vehicle Current status in Bangladesh

Battery-operated electric vehicles (EVs) made their debut in Bangladesh in 2009 and have since become ubiquitous across the nation. These EVs, categorized as Easy Bikes (carrying 4–5 passengers), Auto-rickshaws (transporting 2 passengers), and Electric rickshaw vans (hauling goods), have gained popularity for their eco-friendly nature and minimal noise and fume emissions. Initially imported from China, domestic companies now produce these vehicles. A fully charged Easy Bike covers approximately 80–100 km, costing around one lac twenty thousand BDT, while Auto-rickshaws and Electric rickshaw vans, priced at sixty thousand BDT, can travel 50–70 km on a full charge. The market has witnessed a shift from imports to local production. A fully charged EV travels 80–100 km per day, consuming 8–11 kWh, with an operational cost of approximately 1.35 BDT per km. Solar charging stations, operated by the Bangladesh Rural Electrification Board (BREB), have been established, contributing to the growing popularity of EVs. Despite energy consumption challenges, EVs have brought a revolutionary change to the transportation sector, especially in sub-rural and rural areas, offering affordable fares and enhancing the overall well-being of low-income individuals, including drivers. Private initiatives have introduced electric-powered Easy Bikes and Auto-rickshaws, gaining popularity in rural and peri-urban areas. However, concerns about energy consumption from the national grid persist, prompting ongoing efforts to alleviate the grid's burden and enhance charging infrastructure. A survey conducted in Trishal upazilla revealed the dominance of battery-driven EVs, primarily charged from residential connections, presenting both challenges and opportunities for future development in Bangladesh's evolving transportation landscape.

3.2 Charging System

Electric Vehicles (EVs) equipped with bidirectional (two-way) charging capability present a transformative innovation in the realm of sustainable energy. These vehicles, essentially large batteries on wheels, have the potential to not only revolutionize personal transportation but also redefine the dynamics of energy consumption and distribution. Bidirectional chargers, a key component of this emerging technology known as Vehicle-to-Grid (V2G), empower EVs to serve as more than just modes of transportation. They enable these vehicles to store inexpensive off-peak electricity or harness solar power, thereby contributing to the reduction of household electricity costs. This dual functionality of EVs, as mobile energy storage units and transportation devices, opens avenues for enhanced energy efficiency and cost-effectiveness. Moreover, the bidirectional charging capability allows EVs to act as energy hubs for homes, offering the possibility of powering residences, feeding surplus energy back into the electricity grid, and serving as backup power sources during blackouts or emergencies. This multifaceted role positions EVs as integral components of a dynamic and resilient energy ecosystem. The potential impact of V2G technology extends beyond individual households. Tens of thousands of electric vehicles, synchronized through bidirectional chargers, have the capacity to supply power simultaneously during peak electricity demand periods. This collective contribution can significantly influence the stability and efficiency of power grids, paving

the way for a more sustainable and responsive energy infrastructure. As V2G technology continues to advance, the integration of bidirectional charging capabilities in EVs holds promise for shaping a future where electric vehicles play a pivotal role not only in transportation but also in the broader context of energy management and grid resilience. This paradigm shift underscores the transformative potential of EVs in reimagining the relationship between mobility and energy sustainability [14]. Figure 1 A bidirectional charger represents a sophisticated advancement in Electric Vehicle (EV) charging technology, introducing the capability of two-way charging. While the concept might seem straightforward, the execution involves a complex power conversion process, transitioning between Alternating Current (AC) and Direct Current (DC). This sets bidirectional chargers apart from conventional unidirectional EV chargers, which exclusively facilitate one-way charging using AC. In contrast to standard EV chargers, bidirectional chargers operate akin to inverters, performing the intricate task of converting AC to DC during charging and vice versa during discharging. However, it's important to note that bidirectional chargers are compatible only with a select number of EVs designed for two-way DC charging. Presently, a limited range of EVs, with the Nissan Leaf being a notable example, supports bidirectional charging. Due to their heightened complexity, bidirectional chargers also come with a higher price tag compared to regular EV chargers, incorporating advanced power conversion electronics to manage the bidirectional flow of energy to and from the vehicle. In scenarios where bidirectional EV chargers supply power to a home, they integrate specific equipment to handle loads and isolate the house from the grid during an outage. This isolation, known as islanding, ensures that the home remains powered even when the external grid faces disruptions. The fundamental operational principle of bidirectional EV chargers shares similarities with bidirectional inverters, a technology that has been employed in home battery storage systems for backup power for over a decade. This confluence of bidirectional charging and home power management signifies a significant stride toward creating resilient and versatile energy systems.



Figure 1: Electric Vehicle Charging System [14].

3.3 Grid Hybrid Renewable Energy-Based Electric Vehicle Charging Station

The concept delineates a grid-connected hybrid electric vehicle charging station integrating diverse energy sources. A 10Kw solar photovoltaic (PV) panel, monitored by a Maximum Power Point Tracker (MPPT), harnesses solar energy. Three biogas generators, fueled by animal waste like cow dung, poultry waste, and municipal solid waste (MSW), enhance power generation. A charge controller ensures optimal voltage and current for battery charging, stopping when batteries are full and redirecting excess power to a bidirectional converter for DC to AC conversion. During hybrid power unavailability, the national grid supplements power, especially during off-peak periods. Surplus energy can be sold back to the national grid. Electric vehicles connect to the AC bus through a charging apparatus. The economic feasibility analysis involves expressing the 10 kW solar PV module and total 10 kW biogas-generated power in financial terms. Net Present Cost (NPC) considers installation and replacement costs, while Operational and Maintenance (O&M) costs are assessed for the system's lifespan. Return on investment is measured by the payback period and annual cash flow summary, with the Profitability Index (PI) determining the feasibility of the proposed charging station. This comprehensive approach ensures sustainable, economically viable operations, aligning with goals of renewable energy adoption and electric vehicle charging infrastructure for Figure 2.

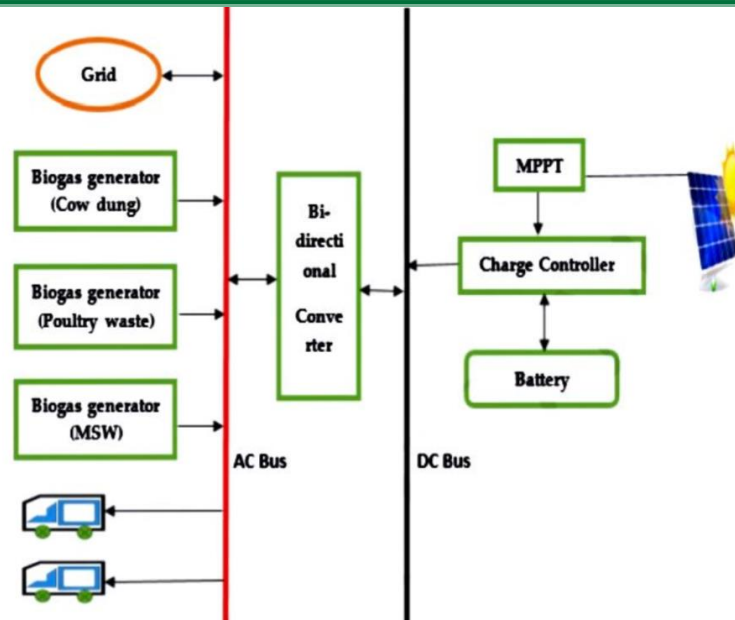


Fig 2: Grid Connected Hybrid Renewable Energy-Based EVCS [15].

It is assumed that an electric vehicle is in use for 26 days per month, consuming an average of 12 kWh daily to cover a distance of 80 km, resulting in a requirement of 0.15 kWh electric power per kilometer traveled. The monthly electric bill for charging the electric vehicle amounts to about 3050 BDT (\$38.12). Given that solar radiation is available for electricity production only 5 to 6 hours a day, solar energy can generate power only during these hours. In contrast, biogas generators can be operational for 6–8 hours daily. The calculation of economic parameters is detailed in Table 1. This analysis provides insights into the cost-effectiveness and efficiency of the proposed hybrid electric vehicle charging station, considering energy consumption patterns and available resources.

Table 1: The table presents the calculation of the economic parameters [16,17,18].

Active Hours (kWh/Year)	Energy Production (Year)	Lifetime (Year)	Annual Cash Flow (\$)	Payback Period (Year)	Profitability Index (PI)
5-6	15,350	25	\$188	10.1	>1
6-8	10,220	5	\$125	3.02	
6-8	9490	5	\$116	3.1	
6-8	5110	5	\$626	3.72	

Figure 2 we can say that the annual cash flow analysis, categorized by resource type, reveals that PV contributes the highest amount to energy generation, followed by Bio 1, Bio 2, and Bio 3. In evaluating the financial feasibility of the charging station project, the profitability index is greater than one. This result suggests that the project is economically viable and holds financial merit. The profitability index serves as a crucial metric, indicating the potential success and sustainability of the proposed hybrid electric vehicle charging station.

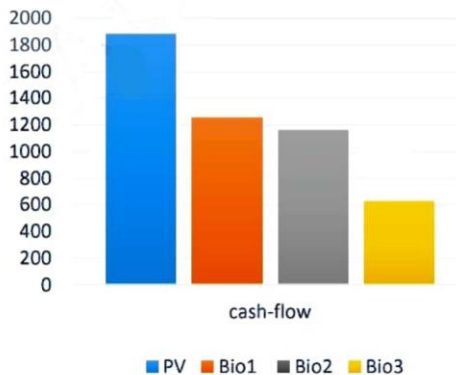


Figure 2: Annual cash flow by resources [15].

3.4 Difference between Solar charging and Non-renewable charging in Electrical Vehicle

Charging electric vehicles (EVs) through solar panels and non-renewable sources yields distinctive differences in environmental impact, cost, sustainability, and reliability. Solar panel charging exemplifies environmental friendliness by harnessing energy from the sun, a renewable resource, thereby minimizing direct emissions and reducing the carbon footprint associated with traditional energy sources. Although the initial investment for solar panels can be substantial, their operational costs are comparatively low, offering potential long-term savings as technology advances. This approach promotes sustainability by reducing dependence on finite fossil fuels, contributing to energy security in the long run. However, solar charging's intermittency due to sunlight availability necessitates energy storage solutions like batteries for consistent power supply. Conversely, non-renewable charging, reliant on fossil fuels, poses environmental concerns with associated emissions and finite resource depletion. While non-renewable sources offer more consistent and reliable energy, they lack the sustainability and long-term benefits associated with solar panel charging. Ultimately, solar charging emerges as a cleaner, more sustainable, and potentially cost-effective solution, aligning with the growing emphasis on environmentally conscious transportation alternatives.

Table 2: The presents the difference between Solar charging and Non-renewable charging in Electrical Vehicle [16,17,18].

Feature	Solar Panel Charging	Non-Renewable Charging
Energy Source	Sun's sunlight	Fossil fuels (coal, natural gas, oil)
Environmental Impact	Zero emissions, renewable	Generates greenhouse gases, non-renewable
Cost	Variable, depends on upfront installation cost and local electricity rates	Fixed, based on electricity rates
Dependency	Self-reliant, not dependent on external energy sources	Dependent on external energy sources
Reliability	Weather-dependent, less reliable in low sunlight conditions	Consistent supply, reliable in most conditions
Maintenance	Minimal maintenance required	Requires regular maintenance of power plants
Scalability	Can be easily scaled up or down based on needs	Limited scalability, requires significant infrastructure investment
Overall Sustainability	Highly sustainable, reduces reliance on fossil fuels	Less sustainable, contributes to climate change

3.5 Environmental Impacts difference between solar panel charging and non-renewable charging in the electrical vehicle

The environmental impacts of solar panel charging and non-renewable charging for electric vehicles differ significantly. Solar panel charging offers advantages such as reduced carbon footprint, clean energy production, and the renewability of resources. However, challenges include the environmental impact of manufacturing solar panels and potential land use issues for large-scale installations. On the other hand, non-renewable charging, primarily relying on fossil fuels, comes with established infrastructure and high energy density but contributes significantly to greenhouse gas emissions, resource depletion, and environmental degradation through processes like oil spills and coal ash disposal. The choice between the two reflects the broader shift toward sustainable and cleaner energy sources to mitigate environmental impacts.

Table 2: Environmental Impacts of solar panel charging and non-renewable charging in the electrical vehicle.[16,17,18]

Environmental Impact	Solar Panel Charging	Non-Renewable Charging
Greenhouse Gas Emissions	Zero greenhouse gas emissions	Significant greenhouse gas emissions, primarily carbon dioxide
Air Pollution	No air pollution	Contributes to air pollution, including particulate matter, nitrogen oxides, and sulfur dioxide
Water Pollution	No water pollution	Can cause water pollution from mining, refining, and transporting fossil fuels
Land Use	Requires minimal land for solar panel installation	Requires extensive land for fossil fuel extraction and power plant construction
Resource Depletion	Uses renewable solar energy	Depletes finite fossil fuel resources

4. CONCLUSION

Embarking on a visionary exploration of the symbiotic relationship between Electric Vehicles (EVs) and renewable charging systems in contemporary Bangladesh, this research unfolds a narrative of sustainable mobility. EVs transcend mere transportation, emerging as catalysts for change intricately entwined with renewable charging systems. Navigating through technological progress, policy intricacies, and socio-economic fabrics, the paper dissects the evolving landscape of electric mobility, emphasizing the environmental implications of solar panel charging versus non-renewable charging for EVs. Bangladesh's energy panorama, predominantly shaped by conventional fuels, prompts the government's proactive measures to diversify the energy mix and enhance resilience, underscoring the pivotal role of renewable energy in sustainable development. The proposal introduces a grid-connected hybrid renewable energy-based electric vehicle charging station, economically viable according to the profitability index. Distinguishing between solar panel and non-renewable charging, the paper outlines differences in environmental impact, cost, sustainability, and reliability, positioning solar charging as a cleaner, more sustainable solution in the global shift toward environmentally conscious transportation. Ultimately, this research is a call to co-author a story where decisions and innovations collectively propel Bangladesh toward a greener, more electrifying tomorrow, urging stakeholders to orchestrate a sustainable future for mobility. As a compass in the evolving landscape of energy evolution, the paper envisions a future where Electric Vehicles and renewable charging systems dance together in a symphony of sustainability.

5. REFERENCE

1. Sustainable and Renewable Energy Development Agency (SREDA), Bangladesh. Available from: www.sreda.gov.bd. Accessed October 9, 2023.
2. Bangladesh Power Development Board (BPDB), Bangladesh. Available from: www.bpdb.org.bd. Accessed October 9, 2023.
3. Hossain MA, Hossain MZ, Rahman MA. Perspective and Challenge of Tidal Power in Bangladesh. *World Acad Sci Eng Technol.* 2014;8:1140-3.
4. Ahiduzzaman M, Sadrul Islam AKM. Greenhouse gas emission and renewable energy sources for sustainable development in Bangladesh. *Renew Sustain Energy Rev.* 2011;15:4659-66.
5. Per capita energy consumption and Share of clean energy. Available from: http://www.theglobaleconomy.com/Bangladesh/Share_of_clean_energy/. Accessed September 14, 2023.
6. Sarkar MS, Sadeka S, Sikdar MM, Zaman B. Energy Consumption and CO2 Emission in Bangladesh: Trends and Policy Implications. *Asia Pac J Energy Environ.* 2015;2:175-82.
7. CO2 emissions (metric tons per capita). Available from: <https://data.worldbank.org/indicator/en.atm.co2e.pc?locations=bd>. Accessed October 12, 2023.
8. Number of registered motor vehicles in Bangladesh. Available from: <http://www.brta.gov.bd/newsite/wpcontent/uploads/2016/07/statistics-bangladesh-june16.pdf>. Accessed September 14, 2023.
9. PDB bringing battery run vehicles tariff regulations. Available from: <http://www.dhakatribune.com/bangladesh/power-energy/2017/09/27/pdb-bringing-battery-run-vehicles-tariffregulations/>. Accessed September 14, 2023.
10. Deb A, Bhuiyan MAM, Nasir A. Prospects of Solar Energy in Bangladesh. *IOSR J Electr Electron Eng.* 2013;4(5):46-57.
11. Islam MM, Das NK, Ghosh S, Dey M. Design and implementation of cost-effective smart solar charge station. In: Proceedings of the 2014 9th IEEE International Forum on the Strategic Technology (IFOST). 2014 Oct 21. p. 339-42.
12. Yousuf SA, Venayagamoorthy GK. Plug-in vehicles and renewable energy sources for cost and emission reductions. *IEEE Trans Ind Electron.* 2011;58:1229-38.
13. International Renewable Energy Agency (IRENA). Biogas for Road Vehicles: Technology Brief. Abu Dhabi: IRENA; 2017.
14. Svarc J. Bidirectional EV charging explained - V2G, V2H & V2L. Clean Energy Reviews [Internet]. 2023 Nov 11 [cited 2023 Feb 26]; Available from: <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/bidirectional-ev-charging-v2g-v2h-v2l>
15. Karmaker AK, Ahmed MR, Ma H, Sikder MM. Feasibility assessment & design of hybrid renewable energy-based electric vehicle charging station in Bangladesh. *Sustain Cities Soc.* 2018;39:189-202.
16. Energy.gov [Internet]. Available from: <https://www.energy.gov/>.
17. Hemp M. Benefits of Biogas. American Biogas Council [Internet]. 2023 Jun 30 [cited 2023 Feb 26]; Available from: <https://americanbiogascouncil.org/resources/why-biogas/>.
18. U.S. Solar Market Insight. SEIA [Internet]. Available from: <https://www.seia.org/us-solar-market-insight>.
1. Sustainable and Renewable Energy Development Agency (SREDA), Bangladesh. [Online]. Available: www.sreda.gov.bd (Accessed: 22 September 2023).
2. Bangladesh Power Development Board (BPDB), Bangladesh. [Online]. Available: www.bpdb.org.bd (Accessed: 22 September 2023).
3. Hossain, M.A.; Hossain, M.Z.; Rahman, M.A. Perspective and Challenge of Tidal Power in Bangladesh. *World Academy of Science. Eng. Technol.* 2014, 8, 1140–1143.
4. Ahiduzzaman, M.; Sadrul Islam, A.K.M. Greenhouse gas emission and renewable energy sources for sustainable development in Bangladesh. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2011, 15, 4659–4666.
5. Per capita energy consumption and Share of clean energy. [Online]. Available: http://www.theglobaleconomy.com/Bangladesh/Share_of_clean_energy/ (Accessed: 14 September 2023).
6. Sarkar, M.S.; Sadeka, S.; Sikdar, M.M.; Zaman, B. Energy Consumption and CO2 Emission in Bangladesh: Trends and Policy Implications. *Asia Pac. J. Energy Environ.* 2015, 2, 175–182.
7. CO2 emissions (metric tons per capita). [Online]. Available: <https://data.worldbank.org/indicator/en.atm.co2e.pc?locations=bd> (Accessed: 12 October 2023).
8. Number of registered motor vehicles in Bangladesh. [Online]. Available on: <http://www.brta.gov.bd/newsite/wpcontent/uploads/2016/07/statistics-bangladesh-june16.pdf> (Accessed: 14 September 2023).
9. PDB bringing battery run vehicles tariff regulations. [Online]. Available: <http://www.dhakatribune.com/bangladesh/power-energy/2017/09/27/pdb-bringing-battery-run-vehicles-tariffregulations/> (Accessed: 14 September 2023).
10. Anik Deb, Dr. Mahmud Abdul Matin Bhuiyan, Arefin Nasir "Prospects of Solar Energy in Bangladesh," *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering (IOSR-JEEE)* e-ISSN: 2278-1676 Volume 4, Issue 5 (Jan. - Feb. 2013), PP 46-57.
11. Islam, M.M.; Das, N.K.; Ghosh, S.; Dey, M. Design and implementation of cost-effective smart solar charge station. In Proceedings of the 2014 9th IEEE International Forum on the Strategic Technology (IFOST), Cox's Bazar, Bangladesh, 21 October 2014; pp. 339–342.

12. Yousuf, S.A.; Venayagamoorthy, G.K. Plug-in vehicles and renewable energy sources for cost and emission reductions. *IEEE Trans. Ind. Electron.* 2011, 58, 1229–1238.
13. International Renewable Energy Agency (IRENA). Biogas for Road Vehicles: Technology Brief; International Renewable Energy Agency: Abu Dhabi, Arab Emirates, 2017.
14. Svarc, J. (2023, November 11). Bidirectional EV charging explained - V2G, V2H & V2L — Clean Energy Reviews. CLEAN ENERGY REVIEWS. Available on : <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/bidirectional-ev-charging-v2g-v2h-v2l>
15. Karmaker, A. K., Ahmed, M. R., Ma, H., & Sikder, M. M. (2018). Feasibility assessment & design of hybrid renewable energy-based electric vehicle charging station in Bangladesh. *Sustainable Cities and Society*, 39, 189–202. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.02.035>
16. *Energy.gov.* (n.d.). <https://www.energy.gov/>
17. Hemp, M. (2023, June 30). *Benefits of Biogas | American Biogas Council.* American Biogas Council. <https://americanbiogascouncil.org/resources/why-biogas/>
18. *U.S. Solar Market Insight | SEIA.* (n.d.). SEIA. Available on : <https://www.seia.org/us-solar-market-insight>



How to cite this article: Mushfiq Us Salehin, Ishrak Amin Joarder, and Sheikh Walid Hasan. ADOPTION OF ELECTRIC VEHICLES AND RENEWABLE ENERGY CHARGING SYSTEMS IN BANGLADESH: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2023;17(6): 1-8. DOI : 10.5281/zenodo.10231788

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



American Journal of innovative Research & Applied Sciences

[American Journal of Innovative Research & Applied Sciences](http://www.american-jiras.com)

www.american-jiras.com

AJIRAS, Atlantic Centre for Research Sciences, All Rights Reserved.

Info-AJIRAS-® Multidisciplinary Journal:

ISSN-L 2429-5396 / OCLC Number: 920041286

-The AJIRAS Journal belongs to France country: See [link](#)

-Instructions and catalog listing on the National Library of France: See [link](#)

-The ISSN was registered on ISSN International Centre: See [link](#)

More information:

-AJIRAS is Open access scholarly journal published under Creative Commons licenses CC-BY

-ISSN and key title: ISSN 2429-5396 = American Journal of Innovative Research & Applied Sciences.

-Abbreviated key title: Am. J. innov. res. appl. sci.

-Indice(s) Dewey: 505 (22nd ed). 605 (22nd ed.); 570.5 (22nd ed.); 001 305 (22nd ed.).

-AJIRAS JOURNAL is an international online open access journal published monthly.