

Issue 2, Volume 19, August

The American Journal of Innovative Research & Applied Sciences



www.american-jiras.com

Editorial Committee.....|

Editor in Chief: Prof., Alex brond

The members of the editorial board who participated in writing editorials, reviewing submitted articles, and commenting the October Issue 1, Volume 19 (2024).

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 | Errachidia | BP: 57 ou BP:24 Errachidia 52000 | 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 | Doctor in the Department of Chemical Engineering / Faculty of Engineering / University of Qadisiyah |

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

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

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

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. Boshia 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 | Bulagaria |

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. |

Copyright © September 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.

| | |
|--|--------------|
| ARTICLE 1 | 1-9 |
| LITOTO PAMBOU Lucien, ELENGA Hygin Bellarmin, BAYETTE Jean Bruno, LOUFOUA-LEMAY Emile Didier, MAGEMA joachim, MFOTO KAPESA Jean, TAU ATIANI Melchade, MOUANANDA KONDE Dorel, et MASSAMBA Alphonse. Étude exploratoire des pratiques de gestion des installations sportives publiques : Le cas du Congo-Brazzaville <i>Am. J. innov. res. appl. sci.</i> 2024; 19(2): 1-9. doi : https://doi.org/10.5281/zenodo.12737205 | |
| ARTICLE 2 | 10-17 |
| Mesbaus Salahin, Billal Hossain Momen, Rashedur Rahman Tanvir, Mominul Islam, Robiul Islam and Tariful Alam Khan. Effects of Varied Phosphorus Fertilizer Rates on Yield and Nutrient Uptake of Boro Season Rice (Oryza sativa L.) in Bangladesh. <i>Am. J. innov. res. appl. sci.</i> 2024; 19(2): 10-17. DOI : https://doi.org/10.5281/zenodo.12709384 | |
| ARTICLE 3 | 18-28 |
| DOSSOU-YOVO Coffi Adrien, KIKI Sènakpon Cyrille, HOUINSOU T. Auguste et VIGNINOUS Toussaint. Analyse des Impacts Environnementaux de la Croissance Démographique et de la Périurbanisation dans la Commune d'Adjarra. <i>Am. J. innov. res. appl. sci.</i> 2024; 19(2): 18-28. Doi: 10.5281/zenodo.13342526 | |
| ARTICLE 4 | 29-41 |
| Maxime SAWADOGO, Sompougobnoma Euloges KABORÉ, Yélézouomin Stéphane Corentin SOME. Impact de l'urbanisme événementiel sur l'accès au logement : Étude de la fête nationale tournante au Burkina Faso (1995 à 2023). <i>Am. J. innov. res. appl. sci.</i> 2024; 19(2): 29-41. Doi: 10.5281/zenodo.1335154 | |
| ARTICLE 5 | 42-56 |
| Mariano Angelo Nonvignon Akanni HESSOU, Pamphile HOUNDJI et Sylvain Ahotondji VISSOH. Analyse Multifactorielle des Transformations Foncières dans La Commune D'adjarra (Bénin) : Étude Socio-Economique et Spatiale (2002-2024). <i>Am. J. innov. res. appl. sci.</i> 2024; 19(2): 42-56. Doi : 10.5281/zenodo.13359243 | |
| ARTICLE 6 | 57-68 |
| Dimbimalala Randrianasoloharisoa, Herimanampisoa Randrianarinjaka, and Georgette Ramanantsizehena. Theoretical Study of Water Dissociation on Aluminum (100) Surface using Density Functional Theory. <i>Am. J. innov. res. appl. sci.</i> 2024; 19(2): 57-68 Doi: 10.5281/zenodo.13354320 | |
| ARTICLE 7 | 68-76 |
| HESSOU Mariano Angelo Nonvignon Akanni, HONVO Zinsou Simon Aser et HESSOU Paulin Mintongninou. Analyse des Impacts Socio-économiques et Environnementaux du Bitumage des Routes dans la Commune d'Adjarra, Sud-Est du Bénin. <i>Am. J. innov. res. appl. sci.</i> 2024; 19(2): 68-76. doi: 10.5281/zenodo.13367722 | |
| ARTICLE 8 | 77-88 |
| HESSOU Paulin Mintongninou, HOUINSOU Tognidè Auguste et DOSSOU GUEDEGBE Odile Viliho. Évaluation des Contraintes Environnementales et Socio-Économiques des Infrastructures Routières dans les Communes de Dassa-Zoumè et de Glazoué. <i>Am. J. innov. res. appl. sci.</i> 2024; 19(2): 77-88. DOI: 10.5281/zenodo.13368033 | |

This issue is made freely available as part of this journal's Open Archive.
American Journal of Innovative Research and Applied Sciences
Volume 19, Issue 2, Pages 1-88 (August, 2023)
Total of article: 8

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 2024: 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:

Welcome to the Sciences Journal, Issue 2, Volume 19, 2024

It is with great enthusiasm that we introduce the latest edition of the Sciences Journal, Issue 2, Volume 19 for the year 2024. This issue brings together an outstanding selection of articles that span multiple disciplines, reflecting the diverse and dynamic nature of contemporary scientific inquiry. The contributions featured in this edition explore topics ranging from urban planning and socio-economic development to agricultural innovations, environmental impacts, and cutting-edge theoretical studies.

We extend our heartfelt gratitude to the authors whose rigorous research and dedication to advancing knowledge are evident in every page of this issue. Their efforts not only enhance our understanding of complex issues but also contribute to the ongoing pursuit of solutions to some of the most pressing challenges facing our world today.

We encourage our readers to immerse themselves in the depth and breadth of knowledge presented in these articles. Each piece offers unique perspectives, innovative methodologies, and valuable insights that we hope will inspire further exploration, critical thinking, and scholarly debate. This issue of the Sciences Journal aims to serve as a platform for intellectual growth, fostering a vibrant exchange of ideas that can propel scientific progress and societal advancement.

We invite you to explore the compelling content within these pages, engage with the findings, and reflect on the impactful research presented by our esteemed contributors. It is our sincere hope that this edition will not only inform but also inspire, opening new avenues for inquiry and discovery in the scientific community.

Thank you for being a part of our journey to disseminate and promote high-quality research. We wish you a stimulating and enlightening reading experience.

Warm regards,

ÉTUDE EXPLORATOIRE DES PRATIQUES DE GESTION DES INSTALLATIONS SPORTIVES PUBLIQUES : LE CAS DU CONGO-BRAZZAVILLE



EXPLORATORY STUDY OF MANAGEMENT PRACTICES FOR PUBLIC SPORTS FACILITIES: THE CASE OF CONGO-BRAZZAVILLE

| LITOTO PAMBOU Lucien ¹ | ELENGA Hygin Bellarmin ¹ | BAYETTE Jean Bruno ² | LOUFOUA-LEMAY Emile Didier ¹ |
MAGEMA Joachim ¹ | MFOTO KAPESA Jean ³ | TAU ATIANI Melchade ³ | MOUANDE KONDE Dorel ⁴ | et | MASSAMBA
Alphonse ⁴ |

¹. Laboratoire de Sociologie du Sport | Institut Supérieur d'Éducation Physique et Sportive | Université Marien NGOUABI | Brazzaville | Congo |

². Laboratoire de Sociologie de l'Éducation | Faculté des Lettres | Arts et Sciences Humaines | Université Marien NGOUABI | Brazzaville | Congo |

³. Département des Sciences de la Motricité Humaine | Faculté des Sciences | Université Pédagogique Nationale | Kinshasa | République
Démocratique du Congo |

⁴. Laboratoire des Biosciences du Sport | Institut Supérieur d'Éducation Physique et Sportive | Université Marien NGOUABI | Brazzaville | Congo |

| DOI: 10.5281/zenodo.12737205 | | Received July 20, 2024 | | Accepted August 01, 2024 | | Published August 06, 2024 | | ID Article | Litoto-Ref05-7-19ajiras310724 |

RESUME

Contexte : Au Congo, plusieurs infrastructures sportives sont soit sous-exploitées, soit endommagées ou abandonnées pour des raisons plus ou moins explicites. **Objectifs :** L'objectif de cette étude exploratoire est d'identifier et d'analyser les pratiques réelles des gestionnaires d'infrastructures sportives dans les principales villes du Congo. **Méthodes :** L'enquête a été menée auprès de 57 gestionnaires d'infrastructures sportives dans les cinq principales villes du pays, recrutés selon un processus d'échantillonnage raisonné. Les données ont été collectées à l'aide d'un questionnaire dont les items portaient sur les tâches effectuées dans cinq domaines de la gestion des infrastructures sportives. Leur traitement a fait appel aux statistiques descriptives. **Résultats :** Les gestionnaires effectuaient davantage de tâches liées aux activités qui génèrent des ressources financières et au suivi des procédures administratives. La faible performance des tâches d'entretien et de maintenance a été identifiée. Aucune tâche n'a été réalisée pour les activités d'entretien (planification, rénovation) et d'agrandissement des installations, ainsi que pour celles de diffusion par les médias. **Conclusion :** Les pratiques managériales des gestionnaires des installations sportives au Congo ne sont pas conformes à la norme établie, car elles ne sont pas axées sur le caractère réactif ou proactif de la tâche. Nos données invitent les autorités de tutelle à nommer des gestionnaires dûment formés dans le domaine, mais surtout à intensifier la formation des administrateurs déjà en place.

Mots-clés : Installations sportives, pratiques managériales, management du sport, évaluation, Congo.

ABSTRACT

Context: In Congo, several sports facilities are either under-exploited, damaged or abandoned for more or less explicit reasons. **Objectives:** The aim of this exploratory study is to identify and analyze the actual practices of sports facility managers in the main cities of Congo. **Methods:** The survey was conducted among 57 administrators of sports facilities in the five main cities of the country, recruited according to a purposive sampling process. The data were collected using a questionnaire whose items related to the tasks performed in five areas of sports facility management. Their processing used descriptive statistics. **Results:** Managers performed more tasks associated with activities that generate financial resources and monitoring administrative procedures. The low performance of maintenance and service maintenance tasks was identified. No tasks were performed for facility maintenance activities (planning, renovation) and expansion, as well as those of dissemination through the media. **Conclusion:** The managerial practices of sports facility managers in Congo do not comply with the established standard, by not being focused on the reactive or proactive nature of the task. Our data call on the supervisory authorities to appoint managers duly trained in the field, but above all to intensify the related training of administrators already in place.

Keywords: Sports facilities, managerial practices, sports management, evaluation, Congo.

1. INTRODUCTION

Le développement des installations sportives et l'optimisation de leur utilisation constituent l'un des principaux objectifs des gouvernements et des organisations sportives à travers le monde, afin d'en accroître l'accès aux diverses pratiques sportives [1]. Par conséquent, les lieux de pratique sportive doivent répondre à des normes rigoureuses de gestion, de construction et d'entretien. Plusieurs modèles de gestion sont proposés avec des orientations diverses [2-5]. Cependant, le dénominateur commun de ces modèles est le rôle joué par le gestionnaire de la structure, principalement en termes de leadership et de proactivité [6, 7], ainsi que l'utilisation de méthodes d'aide à la gestion de l'installation [8]. La gestion des installations sportives ne se limite donc pas à la maintenance passive de la structure. De nos jours, le

gestionnaire des installations sportives est un agent qui rassemble des informations et des connaissances issues de différents domaines, dans un souci de coordination de tous les travailleurs impliqués, afin d'obtenir les meilleurs résultats possibles [9, 10]. Ainsi, la gestion est devenue dynamique et participative, la proactivité étant l'un des facteurs déterminants du succès de l'organisation. Les perceptions de l'efficacité du leadership ont également évolué. Elles sont actuellement associées à un comportement proactif du gestionnaire, la proactivité étant définie comme la prise d'initiative pour améliorer les conditions actuelles de gestion des installations sportives ou pour créer de nouvelles circonstances d'utilisation desdites installations [11].

Au Congo-Brazzaville, l'un des objectifs du gouvernement congolais, avec la mise en œuvre de la politique de Municipalisation Accélérée de 2004 à 2016 dans les douze départements du pays [12], est la réhabilitation et la construction des installations sportives afin de promouvoir le sport d'élite, le sport populaire et le sport de maintien. Il s'agit particulièrement de promouvoir les infrastructures sportives d'intérêt local, national et international. Le développement des infrastructures sportives concerne la création et l'aménagement des terrains de sport, des stades, des gymnases et des équipements sportifs destinés à l'entraînement et aux événements sportifs aux niveaux départemental, national et international. En effet, il a été constaté dans les gouvernements précédents que le plan global en matière de développement du sport n'avait pas atteint son objectif. L'analyse des causes et facteurs y relatifs a révélé que les communautés des différents départements, notamment ceux de l'hinterland (districts), manquaient de lieux aménagés pour la pratique sportive, d'infrastructures pour le sport de compétition et d'espaces de jeu pour se divertir. De plus, l'analyse des rapports annuels des directions départementales des sports a montré que la plupart des terrains de sport construits de la période coloniale à 2002 ont été endommagés ou pillés, et d'autres laissés dans un état de délabrement. Des dysfonctionnements sont également observés dans l'utilisation des services et dans les besoins des usagers à de nombreux égards. De plus, de nombreuses localités manquent de systèmes d'éclairage public efficaces, ainsi que de vestiaires et de douches dans les installations existantes. Ces problèmes provoquent, au Congo comme dans d'autres pays africains, une insécurité pour les utilisateurs de ces infrastructures sportives [13]. En outre, nous avons mis en évidence dans une étude précédente quelques facteurs qui influencent significativement et négativement la gestion des installations sportives à Brazzaville [14]. À travers les propos des usagers enquêtés, nous avons identifié les mauvaises stratégies adoptées par les gestionnaires desdites installations dans l'accomplissement des tâches liées à la gestion administrative et économique, ainsi que la politique "floue" mise en œuvre par les décideurs. Ceci peut s'expliquer a priori par l'absence de formation des administrateurs des installations sportives sur la gestion du sport. En effet, la plupart d'entre eux sont des enseignants d'éducation physique ou des fonctionnaires de l'administration générale.

Toutes les observations susmentionnées nous ont amenés à reconnaître que, malgré le plan national actuel de développement du sport au Congo, les opérations impliquées dans la gestion des terrains et des installations sportives ne sont pas respectées ou sont méconnues, en particulier celles de l'administration gestionnaire. De plus, aucune donnée n'est disponible à ce jour sur l'impact de deux dimensions principales de la gestion : 1) les composants centraux et 2) l'amélioration de la culture de gestion et de ses sous-dimensions en termes de système de gestion et d'environnement des installations sportives. C'est ici que se situe notre problème, qui cherche à comprendre le modèle de gestion des infrastructures et équipements sportifs dans les grandes villes du Congo. Pour étudier ce problème, nous sommes partis de la question suivante : Comment se déroule, dans le vécu quotidien, la gestion des terrains et des installations sportives dans les villes du Congo ? La présente étude exploratoire tente de combler les lacunes soulignées précédemment en évaluant et analysant la gestion actuelle des terrains et installations sportives dans les villes du Congo, en s'appuyant sur les conditions réelles de gestion vécues au quotidien par les administrateurs desdites structures. À partir des résultats obtenus, nous proposons quelques lignes directrices pour une gestion efficace des grandes installations sportives dans ces agglomérations, en termes d'utilisation sociale et économique.

2. MATERIEL ET METHODES

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Design de l'étude

Cette étude a adopté une approche quantitative transversale pour évaluer les conditions de gestion des terrains et installations sportives dans les principales villes du Congo. La période de collecte des données s'est étendue de février à avril 2023.

2.2. Zone d'étude

L'étude a été menée dans cinq villes majeures du Congo : Brazzaville, Pointe-Noire, Dolisie, Ouesso et Nkayi (Figure 1). Ces villes ont été sélectionnées selon les critères suivants :

1. Importance démographique et socioéconomique,
2. Répartition géographique (quatre villes dans la partie sud, une dans la partie septentrionale),

3. Statut sportif (pour Dolisie, Ouessou et Nkayi),
4. Accessibilité pour la collecte de données.



Figure 1 : Carte de localisation des zones d'étude au Congo.

Les données démographiques des villes étudiées sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Population estimée des villes étudiées (2023) [15].

| Ville | Population estimée |
|---------------------|--------------------|
| Brazzaville | 2.100.000 |
| Pointe-Noire | 1.400.000 |
| Dolisie | 171.773 |
| Ouessou | 113.647 |
| Nkayi | 73.478 |

2.3. Installations sportives étudiées

Les installations sportives, telles que définies par Thomas et al. (2019) [16], comprennent les structures suivantes : pistes d'athlétisme, terrains, courts de tennis, stades, gymnases et plateformes sportives de proximité. L'étude a inclus uniquement les installations appartenant à l'État.

La répartition des installations sportives modernes par ville est présentée dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Nombre de terrains et installations sportives par ville.

| | Terrain aménagé (n) | Plateforme sportive (n) | Stade (n) | Gymnase et Complexe sportif (n) | Total (n) |
|---------------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------------------|-----------|
| Brazzaville | 3 | 6 | 2 | 6 | 17 |
| Pointe-Noire | -- | 2 | 1 | -- | 3 |
| Dolisie | -- | 1 | 1 | -- | 2 |
| Ouessou | -- | -- | 1 | -- | 1 |
| Nkayi | -- | -- | 1 | -- | 1 |
| Total | 3 | 9 | 6 | 6 | 24 |

2.4. Population d'étude et échantillonnage

La population cible était composée des administrateurs directs des installations sportives publiques ouvertes au public et aux sportifs de tous niveaux. Un échantillonnage raisonné a été utilisé pour sélectionner les participants.

2.5. Taille de l'échantillon

Un total de 57 individus a été inclus dans l'étude. La taille de l'échantillon a été déterminée en fonction de la disponibilité des administrateurs et de la saturation des données.

2.6. Instrument de collecte des données

Un questionnaire structuré a été développé pour cette étude, comprenant 58 questions : 7 ouvertes, 5 fermées et 46 à choix multiples. L'instrument était divisé en deux parties principales. La première partie portait sur les caractéristiques sociodémographiques des participants, incluant l'âge, le sexe, le niveau d'études, la formation initiale et le poste occupé. La seconde partie se concentrait sur les conditions réelles de gestion des terrains et installations sportives, couvrant cinq domaines distincts : la gestion administrative, la gestion économique, les ressources humaines, le marketing et la promotion. D'autres activités telles que la maintenance, l'approvisionnement et l'exploitation étaient également abordées.

Les tâches ont été classées selon leur nature (réactive ou proactive) en se basant sur la classification de Peiro et al. (1998) [17]. Une échelle de Likert à 5 points a été utilisée pour évaluer la fréquence des tâches, allant de 1 (fréquence bien inférieure à celle nécessaire) à 5 (fréquence bien plus supérieure à celle nécessaire).

2.7. Validité et fiabilité de l'instrument

La validité de contenu de l'instrument a été établie par une revue approfondie de la littérature sur la gestion des installations sportives, suivie d'une contextualisation au milieu congolais. Cette démarche a été renforcée par la collaboration avec deux experts en management et gestion du sport, ainsi qu'une analyse item par item. La fiabilité a été évaluée à l'aide du coefficient alpha (α) de Cronbach, donnant des résultats de 0,98 pour la première partie, 0,91 pour la deuxième partie, et 0,94 pour l'ensemble du questionnaire. Une pré-enquête a également été menée pour analyser et vérifier l'homogénéité du contenu des items.

2.8. Procédure de collecte des données

La collecte des données a débuté par des entretiens préliminaires avec les directeurs et agents des installations sportives. Suite à ces entretiens, des contacts ont été pris avec les administrateurs sur leurs lieux de service. Après une explication détaillée des objectifs de l'étude et l'obtention du consentement, les questionnaires ont été distribués aux participants consentants. Les répondants ont rempli les questionnaires dans un local approprié, généralement une salle de réunion au sein de l'installation sportive, avec un temps de réponse variant entre 10 et 25 minutes.

2.9. Analyse des données

L'analyse des données a été réalisée à l'aide du logiciel SPSS version 25.0. Des statistiques descriptives, incluant les fréquences, moyennes et écarts-types, ont été calculées. Pour l'échelle de Likert, le nombre moyen de points pour chaque item a été déterminé afin d'identifier les observations typiques et atypiques. Un test de comparaison de deux pourcentages a été utilisé pour analyser la différence entre les "tâches accomplies" et les "tâches non accomplies". Le coefficient α de Cronbach a été considéré comme satisfaisant pour une valeur $0.6 \leq \alpha$ et le seuil de signification statistique a été fixé à 5%.

2.10. Considérations éthiques

Cette étude a reçu l'approbation du Comité d'Éthique du Conseil Scientifique de l'Institut Supérieur d'Éducation Physique et Sportive de l'Université Marien NGOUABI. Le protocole de recherche a été examiné pour s'assurer qu'il respecte les normes éthiques en vigueur [18]. Les données collectées seront utilisées uniquement dans le cadre de cette recherche et pour des publications scientifiques. Les résultats seront présentés de manière agrégée sans identifier les participants individuellement. Les chercheurs se sont engagés à mener cette étude avec la plus grande intégrité scientifique, en évitant toute forme de biais ou de manipulation des données. Tous les résultats, y compris ceux qui pourraient ne pas soutenir les hypothèses initiales, seront rapportés de manière transparente.

3. RESULTATS

Le profil sociodémographique des enquêtés, indiqué dans le tableau 3 montre que l'âge variait de 42 à 63 ans avec une moyenne de $51,8 \pm 5,3$ ans. Les hommes étaient surreprésentés que les femmes : 89,5% ($n=51$) contre 10,5% ($n=6$) ($p < 0,0001$). Les enquêtés d'un niveau d'études Master étaient plus nombreux, 71,9% ($p < 0,01$). En ce qui concerne la formation reçue et le diplôme acquis, on retrouvait par ordre décroissant : les titulaires d'un diplôme d'inspecteur de jeunesse et sports (36,8%), ceux titulaires d'un diplôme de jeunesse et sports (29,1%) suivis des titulaires du diplôme de professeur d'éducation physique (24,6%) et de professeurs adjoint d'éducation physique (10,5%). Les enquêtés assumant les fonctions de chef de service représentaient 61,4% ($n=35$) de l'ensemble des participants, les superviseurs en charge des plateformes sportives de proximité étaient les moins nombreux ($n=8$; 14%).

Tableau 3 : Caractéristiques sociodémographiques des participants.

| | Effectif (n) | Pourcentage (%) |
|---------------------------|--------------|-----------------|
| Age | | |
| 40-49 ans | 15 | 26,3 |
| 50-59 ans | 32 | 56,1 |
| 60 ans et plus | 10 | 17,6 |
| Genre | | |
| Féminin | 6 | 10,5 |
| Masculin | 51 | 89,5*** |
| Niveau d'études | | |
| Baccalauréat +3 | 16 | 28,1 |
| Baccalauréat +5 | 41 | 71,9** |
| Formation initiale | | |
| Professeur adjoint d'EP | 6 | 10,5 |
| Professeur d'EP | 14 | 24,6 |
| Conseiller de JS | 16 | 29,1 |
| Inspecteur de JS | 21 | 36,8 |
| Poste occupé | | |
| Chef de service | 35 | 61,4* |
| Directeur | 14 | 24,6 |
| Superviseur | 8 | 14 |

EP : éducation physique ; JS : jeunesse et sports ; * : différence significative à $p < 0,05$; ** : différence significative à $p < 0,01$; *** : différence significative à $p < 0,001$.

En ce qui concerne la gestion administrative et économique des installations sportives (Tableau 4), les tâches accomplies par les gestionnaires étaient davantage retrouvées dans la préparation des rapports financier et administratif (100% des répondants), la réalisation des activités génératrices de ressources financières (87,8% ; $p < 0,001$), le contrôle des prestations (82,5% ; $p < 0,001$), et le suivi des démarches administratives (78,2% ; $p < 0,01$). Quant aux tâches non accomplies, elles ont été notées dans l'élaboration des plans d'investissement (93,8% des répondants), les budgétisations des activités (81,4% ; $p < 0,001$), le suivi ou le contrôle du budget (70% ; $p < 0,01$), et le contrôle du financement (65,4% ; $p < 0,05$). S'agissant des tâches liées à l'élaboration des budgets extraordinaires (activités non prévues) et au contrôle/surveillance des plans d'investissement, les fréquences des non répondants dominaient celles des autres opinions.

Tableau 4 : Fréquence d'accomplissement des tâches de gestion administrative et économique des installations sportives.

| | Score / Echelle Likert (/5) | Accomplie (%) | Non accomplie (%) | Nsp (%) |
|--|-----------------------------|---------------|-------------------|---------|
| Contrôle des prestations | 2,1 | 82,5*** | 17,5 | -- |
| Suivi des démarches administratives ^a | 4,2 | 78,2** | 21,8 | -- |
| Budgétisation | 1,5 | 10,3 | 81,4*** | 8,3 |
| Elaboration des budgets extraordinaires ^a | 1,3 | 9,5 | 10,1 | 80,4*** |
| Activités sources de ressources financières ^a | 1,8 | 87,8*** | 11,3 | 0,9 |
| Suivi ou contrôle budgétaire | 2,4 | 25,3 | 70** | 4,7 |
| Solde et stocks | 3,7 | 41,8 | 58,2 | -- |
| Préparation du rapport financier | 5 | 100 | -- | -- |
| Préparation du rapport administratif | 5 | 100 | -- | -- |
| Elaboration d'un plan d'investissement ^a | 1,3 | 2,5 | 93,8*** | -- |
| Contrôle et surveillance du plan d'investissement ^a | 2,3 | 31,2 | 36,6 | 63,4* |
| Contrôle du financement ^a | 2,7 | 12,7 | 65,4* | 21,9 |
| Contrôle fiscal (fiscalité, impôts ...) | 1 | -- | 100 | -- |

Nsp : réponse non spécifiée ; ^a : activités ayant un effet proactif ; * : différence significative à $p < 0,05$; ** : différence significative à $p < 0,01$; *** : différence significative à $p < 0,001$.

Quant aux tâches de gestion des ressources humaines (Tableau 5), elles ont été accomplies par les administrateurs enquêtés dans les cas de planification du travail temporaire (97,6% des répondants ; $p < 0,001$), dans les activités de communications individuelles avec les autres travailleurs (88,7% ; $p < 0,001$), et celles liées à la description des emplois (78,7% ; $p < 0,001$).

Tableau 5 : Fréquence d'accomplissement des tâches de gestion des ressources humaines.

| | Score / Echelle Likert (/5) | Accomplie (%) | Non accomplie (%) | Nsp (%) |
|---|--------------------------------|------------------|----------------------|------------|
| Planification du travail temporaire (horaire, heures supplémentaires) | 4,4 | 97,6*** | 2,4 | -- |
| Description des emplois ^a | 3,8 | 78,7** | 21,3 | -- |
| Taille du personnel/ Collaborateurs | 1,3 | 1,5 | 95,3*** | 3,2 |
| Plan ou programme de qualification du personnel et de formation individuelle | 1 | -- | 100 | -- |
| Communications individuelles avec les autres administrateurs | 4,2 | 88,3*** | 7,5 | 4,2 |

Nsp, réponse non spécifiée ; ^a, activités ayant un effet proactif ; **, différence significative à $p < 0,01$; ***, différence significative à $p < 0,001$.

Au niveau des tâches liées à la maintenance des équipements et des installations, à la propreté (Tableau 6), la surveillance et le contrôle de l'état des installations ont été complètement assurés par les administrateurs. Les tâches non accomplies concernaient le contrôle et la supervision des interventions de maintenance, la rénovation des installations, la rénovation des équipements, l'agrandissement des installations existantes, et la construction de nouveaux espaces et services (100% des répondants pour chaque item), et enfin la répartition des activités entre le personnel de maintenance (91,3% ; $p < 0,001$).

Tableau 6 : Fréquence d'accomplissement des tâches liées à la maintenance des équipements et des installations

| | Score / Echelle Likert (/5) | Accomplie (%) | Non accomplie (%) | Nsp (%) |
|--|--------------------------------|------------------|----------------------|------------|
| Répartition des activités entre le personnel de maintenance | 2,6 | 3,5 | 91,3*** | 5,2 |
| Surveillance et contrôle de l'état des installations | 5 | 100 | -- | -- |
| Contrôle et supervision des interventions de maintenance | 1 | -- | 100 | --- |
| Entretien et maintenance des espaces et/ou services | 2,8 | 8,1 | 90,3*** | 1,6 |
| Planification des activités de maintenance ^a | 1 | -- | 100 | -- |
| Rénovation des installations (peinture ...) | 1 | -- | 100 | -- |
| Rénovation des équipements ^a | 1 | -- | 100 | -- |
| Agrandissement des installations existantes ^a | 1 | -- | 100 | -- |
| Construction de nouveaux espaces et service | 1 | -- | 100 | -- |

Nsp: réponse non spécifiée ; ^a: activités ayant un effet proactif ; ***, différence significative à $p < 0,001$.

En ce qui a trait aux tâches associées au marketing et à la promotion des activités menées dans les installations (Tableau 7), n'ont été accomplies selon 82,7% des répondants ($p < 0,01$) que celles relatives à l'étude de l'offre proposée par d'autres institutions (confessions religieuses, fédérations et associations sportives). En revanche, aucune activité liée à la promotion des installations à travers les médias n'a été signalée. Enfin, les tâches non accomplies relevaient de l'évaluation des écarts entre l'offre et la demande (83,7%) suivie de l'étude des besoins et demandes des utilisateurs (71,5%).

Tableau 7 : Fréquence d'accomplissement des tâches liées au marketing et promotion.

| | Score / Echelle Likert (/5) | Accomplie (%) | Non accomplie (%) | Nsp (%) |
|---|--------------------------------|------------------|----------------------|------------|
| Etude de l'offre proposée par d'autres institutions | 3,8 | 82,7** | 15,3 | 8 |
| Diffusion à travers les médias (radio, presse écrite, TV...) | 1 | -- | 100 | -- |
| Etude des besoins et demandes des utilisateurs^a | 2,6 | 17,3 | 71,5** | 11,2 |
| Evaluation des écarts entre l'offre et la demande ^a | 2,1 | 10,8 | 83,7** | 5,5 |

Nsp: réponse non spécifiée ; ^a: activités ayant un effet proactif ; **, différence significative.

4. DISCUSSION

La présente étude visait à caractériser les pratiques de gestion des installations sportives dans les principales villes du Congo-Brazzaville. Les résultats obtenus mettent en lumière des écarts significatifs par rapport aux normes recommandées dans la gestion des équipements et infrastructures sportifs [19]. Ces observations contrastent avec celles rapportées dans la littérature, tant dans les pays développés [20-22] que dans d'autres pays en développement [7, 10, 23, 24].

L'analyse des données soulève plusieurs questions concernant la rationalisation et la cohérence des actions menées par les administrateurs des installations sportives au Congo-Brazzaville. Premièrement, en matière de gestion administrative et économique, nos résultats révèlent une prépondérance des activités génératrices de ressources financières (87% des répondants). Cette orientation peut s'expliquer par l'absence d'autonomie administrative et financière des entités concernées. Le processus de décaissement des fonds alloués au fonctionnement des installations sportives est fortement centralisé, avec une implication directe du ministre qui cumule les fonctions d'organisateur, de comptable et de contrôleur. Cette centralisation est particulièrement marquée pour les montants supérieurs à dix millions de francs CFA (environ 15.000 euros).

Il convient de noter que le contexte national joue un rôle important dans cette dynamique. L'indice de perception de la corruption du Congo-Brazzaville, établi à 21 en 2022 (164e rang sur 175 pays), témoigne d'un niveau élevé de corruption et de concussion. Dans ce contexte, l'ingérence du cabinet ministériel en charge des sports dans le fonctionnement des infrastructures sportives limite considérablement l'autonomie des administrateurs. Cette situation se manifeste par un contrôle excessif des entrées financières et la suppression de nombreuses activités jugées non génératrices de revenus.

Deuxièmement, la prédominance des tâches liées au contrôle des prestations et au suivi administratif pourrait être attribuée à la formation initiale des gestionnaires interrogés. En effet, 31,5% d'entre eux sont des enseignants d'éducation physique, tandis que 68,5% sont des cadres de jeunesse et sports. Les programmes de formation de ces professionnels accordent généralement une place secondaire aux enseignements d'économie générale et de gestion des installations sportives, ce qui peut avoir des répercussions négatives sur l'accomplissement de ces tâches spécifiques.

Troisièmement, la fréquence élevée des tâches non accomplies dans les domaines de la maintenance, de la rénovation et de l'agrandissement des installations soulève la question de l'influence du ministère sur l'attribution des marchés. Dans le contexte congolais, ces opérations relèvent de la compétence exclusive du ministère des sports. Les passations de marchés se font souvent de gré à gré entre la tutelle et les entreprises adjudicatrices, sans impliquer les gestionnaires des installations. Cette situation contraste avec les observations de Frédérique (2019) [25] en France et ailleurs, où les administrateurs des installations ont généralement un contrôle plus important sur ces aspects.

Quatrièmement, la fréquence élevée (71,5%) des tâches non accomplies dans l'étude des besoins et de la demande des usagers peut être attribuée à l'inadéquation de la formation initiale des gestionnaires en matière de conception de projets. Cette lacune soulève la question de l'équilibre entre les retombées ou profits et les investissements. La satisfaction des usagers (compétiteurs et pratiquants de loisirs) constitue pourtant un facteur d'attractivité crucial pour les installations sportives, tant pour les habitants de la ville que pour ceux des zones périphériques, l'offre de loisirs étant considérée comme un élément important de la qualité de vie [26, 27].

Les résultats de cette étude soulignent la nécessité d'une réforme approfondie dans la gestion des installations sportives au Congo-Brazzaville. Cette réforme devrait inclure une révision des programmes de formation des gestionnaires, une redéfinition des rôles et responsabilités des différents acteurs, ainsi qu'une plus grande autonomie administrative et financière des installations sportives. Une étude très récente menée par Litoto-Pambou et al., (2023) [14] a mis en évidence un taux d'occupation des créneaux des installations sportives d'environ 40%. Seul le dimanche (matin et après-midi) présente un taux de fréquentation élevé (78%), mobilisant les usagers pour des compétitions, des pratiques d'entretien et de loisir. Ces observations soulignent un manque d'optimisation de l'utilisation des installations, entraînant potentiellement une perte de rentabilité financière.

Il convient cependant de noter certaines limites de notre étude. Premièrement, la surreprésentation du genre masculin dans l'échantillon pourrait avoir introduit des biais dans nos résultats. Deuxièmement, bien que l'échantillon des installations sportives soit représentatif à l'échelle nationale, une analyse factorielle confirmatoire couplée à une rotation varimax serait pertinente pour identifier d'éventuels facteurs spécifiques liés à la nature des tâches accomplies par les gestionnaires. Malgré ces limitations, notre étude, pionnière dans ce domaine en Afrique centrale, fournit une base de données précieuse pour la gestion des infrastructures sportives. Ces informations pourraient contribuer à prévenir l'abandon de ces installations, souvent qualifiées d'"éléphants blancs" [28], dont les coûts de construction et d'entretien s'avèrent considérables. Ces résultats ouvrent des perspectives pour de futures recherches, notamment sur l'optimisation de l'utilisation des installations sportives et l'amélioration de leur rentabilité. De plus, ils soulignent

l'importance d'une approche plus inclusive dans la gestion de ces infrastructures, en tenant compte des besoins variés des différents groupes d'utilisateurs.

En effet, cette étude met en lumière les défis complexes auxquels est confrontée la gestion des installations sportives au Congo-Brazzaville. Elle souligne la nécessité d'une approche holistique, intégrant des réformes structurelles, une formation adaptée des gestionnaires, et une utilisation plus efficiente des ressources disponibles. Ces améliorations pourraient non seulement accroître la rentabilité des installations, mais aussi contribuer de manière significative au développement du sport et à l'amélioration de la qualité de vie des citoyens congolais.

5. CONCLUSION

Cette étude avait pour objectif d'analyser les pratiques de gestion des installations sportives dans les principales villes du Congo-Brazzaville, en se concentrant sur les tâches réalisées par leurs administrateurs. Les résultats obtenus mettent en lumière une prédominance de certaines activités dans le fonctionnement de ces structures : le suivi des démarches administratives, la recherche de ressources financières, la planification du travail temporaire et l'étude de l'offre proposée à d'autres institutions. Ces observations révèlent un écart significatif entre les pratiques actuelles des gestionnaires congolais et les références établies dans la littérature scientifique internationale. Cette divergence souligne la nécessité d'une réflexion approfondie sur les modèles de gestion appliqués dans le contexte spécifique du Congo-Brazzaville.

Les implications de cette étude sont multiples. Premièrement, elle met en évidence un besoin urgent de formation spécifique pour les administrateurs des installations sportives. Cette formation devrait viser à élargir leurs compétences, notamment dans les domaines de la gestion financière, de la planification stratégique et de l'optimisation des ressources. Deuxièmement, nos résultats suggèrent la nécessité d'une révision des politiques et des pratiques de gestion au niveau national. Une approche plus équilibrée, intégrant non seulement les aspects financiers mais aussi la qualité des services offerts et la satisfaction des usagers, pourrait contribuer à améliorer l'efficacité globale de ces installations.

Enfin, cette étude ouvre la voie à de futures recherches dans le domaine de la gestion des installations sportives en Afrique centrale. Des études comparatives avec d'autres pays de la région pourraient apporter des éclairages supplémentaires sur les meilleures pratiques adaptées au contexte local. Enfin, l'optimisation de la performance du secteur des installations sportives au Congo-Brazzaville nécessite une approche multidimensionnelle. Celle-ci devrait inclure non seulement la formation des administrateurs, mais aussi une révision des cadres réglementaires et une réflexion approfondie sur les modèles de gestion les plus appropriés. Ces améliorations pourraient contribuer significativement au développement du sport dans le pays et à une meilleure utilisation des ressources publiques dans ce secteur crucial.

Conflit d'intérêt : Aucun conflit d'intérêt entre les auteurs relatif à cet article.

6. Références

- Schwarz E, Hall S, Shibli S. Sport facility operations management. London: Routledge; 2015. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781315736815>.
- Chapin TS. Sports facilities as urban redevelopment catalysts. *J Am Plan Assoc.* 2004;70(2):193-209.
- Dos Santos Amaral CM, Mazzei LC, da Cunha Bastos F, Alexandrino RR. Managerial behavior of sports facilities managers: an approach with public and non-profit organizations in Sao Paulo. *Motriz J Phys Educ.* 2021;27:e10210020320. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1980-65742021>.
- Fried G. Managing sport facilities. 1st ed. West Haven: Human Kinetics Publishers; 2005.
- Wakefield KL, Blodgett JG, Sloan HJ. Measurement and management of the sportscape. *J Sport Manag.* 1996;10:15-31.
- Crant JM. Proactive behavior in organizations. *J Sport Manag.* 2000;26(3):435-462.
- Harum MT, Salamudin N, Hushin HF. Appraisal of the sport facilities maintenance management practices of Malaysian stadium corporations. *Asian Soc Sci.* 2013;9(12):93-98. Available from: <https://www.ccsenet.org/journal/index.php/ass/article/view/30043>.
- Lewis B. The management of a home: an analysis of NBA arena management trends. San Louis Obispo: California Polytechnic State University; 2013.
- CEN. Facility management-part 3: Guidance on quality in facility management. Brussels: Comité Européen de Normalisation; 2011.
- Wondemangegn A, Zemikael G. A qualitative report of sport facilities management. *Return Study Manag Econ Bus.* 2022;1:134-138.
- Stenling C, Fahlén J. Taking stock of sport management research in the new millenia-research contributions, worthwhile knowledge, and the field's raison d'être. *Eur Sport Manag Q.* 2022;22(5):643-662. DOI : <https://doi.org/10.1080/16184742.2022.2063360>.
- PND. Programme National de Développement. Programme pluriannuel des actions prioritaires 2004-2008. République du Congo; 2004.
- Cielikowski K, Brusokas A. Determinants of effective management in the sport with the use of large sport arenas in selected cities. *Eur J Sci Manag.* 2017;21(1):5-10. DOI: <https://doi.org/10.18276/ejsm.2017.21-01>.
- Litoto Pambou L, Bayette JB, Elenga HB, Leyinda PA, Loufoua-Lemay ED, Massamba A. Sociologie views on sport practices in sports facilities of Brazzaville, Congo. *Adv Soc Sci Res J.* 2023;10(12):95-108. DOI: <https://doi.org/10.14738/assrj/1012.14935>.
- INS. Données statistiques de la République du Congo année 2023. Brazzaville: Ministère de l'Economie, du Plan et de la Prospective; 2023.
- Thomas A, Paule-Koba A, Newland B. Sport facility and event management. New York: Jonas & Bartlott Learning; 2015.
- Peiro JM, Ramos J, Gonzalez P, Rodriguez I, Torder N, Martinez-Tur V, et al. Situational distinctions in organizations: the case of sport facility management. *J Park Recreat Adm.* 1998;16(1):1-24.
- World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *JAMA,* 310(20), 2191-2194.
- Bayeux P. Les équipements sportifs. In: Le sport et les collectivités territoriales. Paris: PUF; 2020. p. 53-79.
- Riehl S, Snelgrove R, Edwards J. Mechanisms of institutional maintenance in minor hockey. *J Sport Manag.* 2019;33(2):93-105. DOI: <https://doi.org/10.1123/jsm.2018-0041>.

21. Sant SL, Mason DS. Rhetorical legitimation strategies and sport and entertainment facilities in smaller Canadian cities. *Eur Sport Manag Q.* 2019;19(2):160-177. DOI: <https://doi.org/10.1080/16184742.2018.1499789>.
22. Bromber P, Ciaffa C. The stadium and the city: sports infrastructure in late imperial Ethiopia and beyond. *Cadernos Estud Africanos.* 2016;32:53-72.
23. Ebsteen E, Mala DDJ, Lotriet R. Management competencies of sport club managers in the North-West province, South Africa. *Afr J Phys Health Educ Recreat Dance.* 2013;19(4:1):928-936.
24. Afthanorhan A, Awang Z, Rashid N, Foziah H, Ghazali PL. Assessing the effects of service quality on customer satisfaction. *Manag Sci Lett.* 2019. DOI: <https://doi.org/10.5267/j.msl.2018.11.004>.
25. Lee SY. Service quality of sports center and customer loyalty. *Asia Pac J Mark Logist.* 2017;29(4). DOI: <https://doi.org/10.1108/APJML-10-2016-0191>.
26. Frédérique T. La conception et l'entretien des équipements sportifs. Available from: <https://www.wikiterritorial.cnfpt.fr>. Consulté le 16 juillet 2024.
27. Knobé S, Schorlé-Stefan C. Des études systématiques de fréquentation comme outil d'aide à la décision politique. Le cas de la gestion des installations sportives strasbourgeoises. *Rev Eur Manag Sport.* 2002;8:101-137.
28. Okamba E. Gestion des projets municipaux innovants: que nous enseigne la Municipalisation Accélérée du Congo? 9e symposium international Regards croisés sur les transformations et les organisations publiques, ESSECT-Université de Tunis; 2018 mars; Tunis, Tunisie. Halshs-01763593.



How to cite this article: LITOTO PAMBOU Lucien, ELENGA Hygin Bellarmin, BAYETTE Jean Bruno, LOUFOUA-LEMAY Emile Didier, MAGEMA joachim, MFOTO KAPESA Jean, TAU ATIANI Melchade, MOUANDE KONDE Dorel, et MASSAMBA Alphonse. Étude exploratoire des pratiques de gestion des installations sportives publiques : Le cas du Congo-Brazzaville *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2024; 19(2): 1-9. doi : <https://doi.org/10.5281/zenodo.12737205>

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

Effects of Varied Phosphorus Fertilizer Rates on Yield and Nutrient Uptake of Boro Season Rice (*Oryza sativa L.*) in Bangladesh



| Mesbaus Salahin | Billal Hossain Momen | Rashedur Rahman Tanvir | Mominul Islam | Robiul Islam | and | Tariful Alam Khan* |

Department of Agronomy and Agricultural Extension | Farming Systems Engineering Laboratory | University of Rajshahi | Rajshahi, 6205, | Bangladesh |

DOI: [10.5281/zenodo.12709384](https://doi.org/10.5281/zenodo.12709384) | Received July 04, 2024 | Accepted August 12, 2024 | Published August 17, 2024 | ID Article | Mesbaus-Ref1-7-19ajiras040724

ABSTRACT

Background: The response of boro rice to different phosphorus fertilizer doses is critical for optimizing growth and yield. Understanding the interactions between rice varieties and phosphorus levels can lead to improved agricultural practices and increased productivity. **Objective:** The experiment aimed to evaluate the response of two boro rice varieties to different phosphorus fertilizer doses, focusing on growth and yield parameters. **Methods:** The experiment was conducted from January to June 2022 at the Agronomy Field Laboratory, University of Rajshahi. A Randomized Complete Block Design (RCBD) was used to test two rice varieties (BRR1 dhan28 and BRR1 dhan58) and three phosphorus levels (P1 = 100 kg ha⁻¹, P2 = 150 kg ha⁻¹, P3 = 200 kg ha⁻¹). **Results:** The study found that BRR1 dhan58 (V2) outperformed BRR1 dhan28 (V1) in several growth and yield parameters. Specifically, BRR1 dhan58 exhibited superior plant height (101.47 cm), a higher number of tillers, and greater chlorophyll content (51.03 SPAD). It also had longer panicle length (23.23 cm), a higher number of grains per panicle (185.66), and greater 1000-grain weight (23.09 g). Additionally, BRR1 dhan58 produced a higher grain yield (7.66 t ha⁻¹), straw yield (9.10 t ha⁻¹), and biological yield (16.76 t ha⁻¹), while having fewer non-effective tillers (5.31) and a lower harvest index (45.73%). Regarding phosphorus treatments, the highest dose (P3 = 200 kg ha⁻¹) yielded the best results across various parameters. Plants treated with P3 exhibited the greatest plant height (108.86 cm), the highest total and effective tiller counts, and the highest chlorophyll content (55.37 SPAD). Additionally, P3 treatment resulted in the longest panicle length (24.94 cm), the highest number of grains per panicle (200.70), and the greatest 1000-grain weight (23.18 g). This phosphorus level also produced the highest grain yield (8.26 t ha⁻¹), straw yield (9.81 t ha⁻¹), and biological yield (18.07 t ha⁻¹), although it also resulted in more non-effective tillers (5.58). The interaction of BRR1 dhan58 with the highest phosphorus dose (V2P3) produced the best outcomes for nearly all parameters. This combination resulted in the highest grain yield (8.37 t ha⁻¹) and biological yield (18.42 t ha⁻¹), although it also had the highest number of non-effective tillers (6.09).

Keywords: Phosphorus fertilizer; Chlorophyll content; Single-photon avalanche diode.

1. INTRODUCTION

Rice (*Oryza sativa L.*) is the most important food for the people of Bangladesh (Zaman, 2000) and it is the staple food for more than two billion people in Asia (Myint *et al.*, 2010) and it provides 21% and 15% per capita of dietary energy and protein, respectively (Maclean *et al.*, 2002). The geographical, climatic, and edaphic conditions in Bangladesh are ideal for year-round rice cultivation. However, Bangladesh's national average rice yield (4.2 t ha⁻¹) is very low when compared to other rice-growing countries such as China (6.30 t ha⁻¹), Japan (6.60 t ha⁻¹) and Korea (6.30 t ha⁻¹) (FAO, 2009). Rice production is dependent on soil nutrient availability. Nitrogen, phosphorus and potassium are the three primary nutrient element for rice growth. Deficiency of these elements during crop growth can limits the yield and yield contributing characters of rice. According to changes in seasonal conditions, Bangladesh has three distinct rice growing seasons: Aus, Aman, and Boro. More than half of total production (55.50%) is obtained in the Boro season (December-May), the second largest production in the Aman season (37.90%) occurring in July-November, and the Aus season (6.60%) occurring in April-June (APCAS, 2016). Boro rice is the most important rice crop for Bangladesh due to its high yield and contribution to rice production among the three growing seasons. Phosphorus (P) is an important plant nutrient for all crops and component of nucleic acid, phytin and phospholipids. It is a component of Adenosine Diphosphate (ADP) and Adenosine Tri Phosphate (ATP) and plays an important role in plant energy transformation (Sanker *et al.*, 1984). It is essential for cell division, flowering, and fruiting, as well as seed formation, crop maturation, root development, and quality enhancement. Many Indo-Gangetic plain soils, including Bangladesh, have become P deficient (BRR1, 1992). In Bangladesh, depleted soil fertility is a major hindrance to increased crop production. The increasing intensity of land use has resulted in nutrient depletion in soils. Rice yield in P deficient soil was less than 50% of that obtained from soils containing even moderate levels of P (Saleque *et al.* 1998). Much of the P applied to soils as fertilizer become fixed into unavailable forms to plant (Choudhury *et al.* 2007), leading to agronomic and economic inefficiency. Phosphorus fertilizer management is complex as it requires knowledge of the supply of other nutrients to crop, the overall P balance in soil, the effective P supply from indigenous soil resources, fertilizer application, crop P export and recycling, and the processes that govern the availability of P in a particular soil (Doberman *et al.* 1996). The amount of

soil P removed by crops needs to be replenished through the application of fertilizer to maintain soil P balance. The crucial fact about P application to agricultural soils is that an under dose will impede crop growth, while an overdose will be wasteful and also pose an environmental threat of eutrophication (Sharpley *et al.* 2001). The research is carried out based on the following objectives To study the effect of phosphorus on growth and yield of BRR I dhan28 and BRR I dhan58. To evaluate the performance of BRR I dhan28 and BRR I dhan58 using various phosphorus fertilizer dosages.

2. MATERIALS AND METHODS

The experiment was conducted at the Agronomy Field Laboratory, Department of Agronomy and Agricultural Extension, University of Rajshahi, during the period from January 2020 to June 2020 to investigate the influence of different doses of boron and magnesium on growth and yield of boro rice. The materials used and the methods followed during the experimental period are described in this chapter. A brief description of the experimental site, soil, Climate, experimental design, treatments, cultural operations, data collection, and their statistical analysis are narrated under the following heads.

2.1 Location and soil

The study was conducted at the Agronomy Field Laboratory, Department of Agronomy and Agricultural Extension, Rajshahi University, spanning from December 2019 to March 2020. The experimental site featured sandy loam textured soil with a pH level of 7.6.

2.2 Climate

The experimental field was situated within a subtropical climate, distinguished by moderately high temperatures and substantial rainfall throughout the kharif season (November-March). Conversely, during the Rabi season (November to March), the region experienced sparse rainfall coupled with moderately low temperatures.

2.3 Variety and Experimental treatments

BRR I dhan28 and BRR I dhan58 were used in the present experiment. BRR I dhan28 and BRR I dhan58 were collected from Bangladesh rice research institute(BRR I), Regional Station, shyampur, Rajshahi.

2.4 Cultivation techniques

Healthy seeds were soaked for 24 hours, sprouted in darkness, and sown in a prepared seedbed in January 2022. The seedbed was maintained with weeding, irrigation, and pest protection. For transplanting, the field was initially flooded to rot weeds, then ploughed and leveled. The final preparation for transplanting occurred on 26 February 2022, with layout completed on 15 February. NPK fertilizers (urea, TSP, MP) were applied as recommended by BARI during the growth stage. Seedlings were uprooted and transplanted on 26 February using conventional methods. Intercultural operations included gap filling, manual weeding, herbicide application, flood irrigation, and pest control. Infestations by rice stem borers and green leafhoppers were managed with Furadan and Sumithion. Regular observations ensured the plants grew healthily, showing vigorous tiller growth without lodging. Data were collected from three randomly selected hills per plot at 30-day intervals until harvest. The crop was harvested on 1 June at full maturity. Post-harvest, each plot's crop was bundled, tagged, and threshed separately. The grains and straw were sun-dried, adjusted to 14% moisture, and yields were converted to tons per hectare. The field appeared healthy throughout the growing period, with no major disease incidences.

2.5 Collection of experimental data

The data recording procedure involved measuring plant height from three randomly selected plants in each plot at different stages (30, 60, 90, and 120 DAT) and at maturity. Total tillers, including both productive and unproductive, were counted from the same plants. Chlorophyll levels were measured using a SPAD-502 meter. At maturity, yield data were collected by uprooting three hills per plot, excluding border rows, and harvesting the crop from a 1m² area. Yield parameters recorded included plant height, effective and non-effective tillers per hill, panicle length, number of grains per panicle, filled and unfilled grains per panicle, 1000-grain weight, grain yield, straw yield, biological yield, and harvest index. Grain and straw yields were measured, dried, and converted to tons per hectare. Biological yield was calculated

by summing grain and straw yields, and the harvest index was determined as the ratio of economic yield to biological yield.

2.6 Statistical analysis

The collected data underwent analysis utilizing the "STATVIEW" statistical package. Mean differences were evaluated employing Duncan's multiple-range test.

3. RESULTS

3.1 Plant height (cm)

There are no significant differences in plant height was observed between the two rice varieties at 30, 60, 90 and 120 days after transplanting (DAT) and BRRRI dhan 58(V_2) produced comparatively taller plants than BRRRI dhan 28 (V_1) (**Table 1**). At 30 DAT, the tallest plant (21.74 cm) was observed in V_2 and the shortest plant (21.16 cm) was observed in V_1 . At 60 DAT, the highest plant height (43.04 cm) was observed in V_2 and the lowest plant height (40.43 cm) was noticed in V_1 . Similarly at 90 and 120 DAT, the maximum plant heights (91.75 cm and 101.47 cm) were observed in V_2 and the minimum plant heights (88.22 cm and 97.17 cm) were found in V_1 . It was found that Inorganic phosphorus fertilizer increased the plant height of rice. Similar results were found by Reddy *et al.* (2005). A noticeable effect on the plant height of rice was observed for different phosphorus fertilization at all observations (30, 60, 90 and 120 DAT) (**Table 1**). At 30 DAT, the highest plant height (23.49 cm) was found in P_3 due to the application of 200 kg P_2O_5 ha^{-1} and the lowest plant height (18.57 cm) was observed in P_1 due to the application of 100 kg P_2O_5 ha^{-1} . At 60 DAT, the maximum plant height (46.70 cm) was observed in P_3 and the minimum plant height (35.13 cm) was recorded at P_1 . At 90 DAT, the tallest plant (99.22 cm) was recorded from P_3 which was statistically similar with P_2 and the shortest plant (77.98 cm) was recorded in P_1 . Finally, at 120 days after transplanting, the maximum plant height (108.86 cm) was obtained from P_3 which is statistically significant with P_1 (85.73 cm). The above findings are in good alignments with the results of Karmakar (2016) Significant differences in plant height were observed due to interaction between rice varieties and different phosphorus fertilization at all observations (**Table 1**). At 30 DAT, the highest value for plant height (23.63 cm) was found in combination of V_2 with P_3 which is statistically similar with V_1P_2 , V_1P_3 , V_2P_2 and lowest value for plant height was found in the combined effect of V_1 with P_1 . Similarly, at 60, 90 and 120 DAT, the highest plant found in the combination of V_2P_3 (47.73, 101.27 and 110.66 cm, respectively) and the lowest corresponding values were observed in V_1P_1 (33.21, 75.87 and 82.46 cm, respectively).

3.2 Total number of tiller hill⁻¹

There were non-significant variation case of total number of tillers per hill of the varieties were observed (**Table 1**). The maximum number of tiller hill⁻¹ (19.64) was noticed in BRRRI dhan58 and the minimum no of tiller hill⁻¹ (18.94) was found in BRRRI dhan28. Significant differences were observed due to phosphorus fertilization on total no of tillers hill⁻¹ of rice (**Table 1**). The highest number of tillers hill⁻¹ (21.16) was found in P_3 which is reduced significantly by 21.12% in P_1 . Interaction effects of rice varieties and different doses of phosphorus application showed significant values in case of total no of tillers hill⁻¹ which is presented in **Table 1**. Interaction of V_2 with P_3 exhibit highest no of tillers hill⁻¹ (21.42) and lowest no of tillers hill⁻¹ (16.03) was found in V_1P_1 . This result is supported by Islam *et al.* (2011).

3.3 Chlorophyll Content (ChN_{SPAD})

Leaf chlorophyll content of rice varieties were measured on 30 and 60 DAT and presented in **Table 1**. There were no significant differences within the rice varieties at all observations (30 and 60 DAT). At 30 DAT, maximum chlorophyll content (48.47) was found in V_2 and minimum value (45.63) for chlorophyll content was observed in V_1 . At 60 DAT, chlorophyll content was highest (51.03) in V_2 and lowest (48.95) in V_1 . Chlorophyll content of rice showed statistically significant result due to different phosphorus fertilizations (**Table 1**). At 30 DAT, highest chlorophyll content (52.83) was observed in P_3 which reduced slightly by 7.20% in P_2 but significantly by 25.5% for P_1 . At 60 DAT, highest chlorophyll content (55.37) was observed in P_3 which is statistically similar with P_2 and reduced significantly by 23.06% in P_1 . Significant interaction was found between varieties and phosphorus fertilization in chlorophyll content of rice (**Table 1**). At 30 DAT maximum chlorophyll content (54.13) was found in the combination of V_2 with P_3 and the minimum (37.85) was observed in V_1 with P_1 . At 60 DAT maximum chlorophyll content (56.50) was found in the combination of V_2 with P_3 and the minimum (40.77) was observed in V_1 with P_1 .

Effective tiller hill⁻¹

Table 1: Varietal differences, Effect of phosphorous fertilization and Interaction effects in plant height, total number of tiller hill⁻¹, no of effective tiller hill⁻¹, no of non effective tiller hill⁻¹ and Chlorophyll Content (ChN_{SPAD}) of boro rice.

| Variety | Plant Height | | | | Total no of tiller hill ⁻¹ | No of effective tiller hill ⁻¹ | No of non-effective tiller hill ⁻¹ | Chlorophyll Content (ChN _{SPAD}) | |
|-----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------------------------------|---|---|--|--------------|
| | 30DAT | 60DAT | 90DAT | 120DAT | | | | 30DAT | 60DAT |
| V₁ | 21.16±0.86 | 40.43±2.19 | 88.22±3.67 | 97.17±4.13 | 18.94±0.82 | 13.07±0.86 | 5.87±0.24 | 45.63±2.43 | 48.95±2.40 |
| V₂ | 21.74±0.79 | 43.04±2.09 | 91.75±3.66 | 101.47±3.73 | 19.64±0.70 | 14.33±0.82 | 5.31±0.26 | 48.47±2.38 | 51.03±2.18 |
| LS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| CV% | 5.79 | 10.57 | 7.22 | 6.27 | 6.34 | 14.71 | 14.85 | 9.72 | 8.64 |
| Treatments | | | | | | | | | |
| P₁ | 18.57±0.39b | 35.13±1.39b | 77.98±2.17b | 85.73±2.34b | 16.69±0.46b | 11.32±0.73b | 5.37±0.31 | 39.32±1.77b | 42.60±1.41b |
| P₂ | 22.30±0.48a | 43.36±1.79a | 92.75±2.74a | 103.37±2.36a | 20.02±0.46a | 14.44±0.80a | 5.58±0.36 | 49.00±1.67a | 52.00±1.63a |
| P₃ | 23.49±0.55a | 46.70±1.94a | 99.22±2.58a | 108.86±2.76a | 21.16±0.53a | 15.34±0.84a | 5.82±0.32 | 52.83±1.92a | 55.37±1.93a |
| LS | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | NS | 0.05 | 0.05 |
| CV% | 5.79 | 10.57 | 7.22 | 6.27 | 6.34 | 14.71 | 14.85 | 9.72 | 8.64 |
| Interaction | | | | | | | | | |
| V₁P₁ | 18.06±0.37b | 33.21±1.43c | 75.87±2.52c | 82.46±2.51b | 16.03±0.39b | 10.47±0.61b | 5.56±0.30 | 37.45±2.15c | 40.77±1.79c |
| V₁P₂ | 22.08±0.62a | 42.40±2.37ab | 91.61±4.30ab | 102.01±3.70a | 19.90±0.77a | 13.93±1.32ab | 5.97±0.55 | 47.91±2.69ab | 51.83±2.60ab |
| V₁P₃ | 23.36±0.86a | 45.67±2.30a | 97.18±3.86a | 107.05±3.99a | 20.89±0.80a | 14.81±1.26a | 6.09±0.47 | 51.53±2.35a | 54.24±2.71a |
| V₂P₁ | 19.08±0.60b | 37.05±2.00bc | 80.09±3.57bc | 89.01±3.23b | 17.36±0.70b | 12.18±1.25ab | 5.18±0.58 | 41.20±2.74bc | 44.43±1.84bc |
| V₂P₂ | 22.52±0.84a | 44.32±3.09ab | 93.90±4.21a | 104.73±3.49a | 20.14±0.66a | 14.94±1.11a | 5.20±0.46 | 50.08±2.37a | 52.15±2.56ab |
| V₂P₃ | 23.63±0.88a | 47.73±3.05a | 101.27±3.79a | 110.66±4.36a | 21.42±0.82a | 15.87±1.28a | 5.55±0.46 | 54.13±3.36a | 56.50±3.17a |
| LS | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | NS | 0.05 | 0.05 |
| CV% | 5.79 | 10.57 | 7.22 | 6.27 | 6.34 | 14.71 | 14.85 | 9.72 | 8.64 |

Mean values in a column having the same letters or without letter do not differ significantly as per DMRT, **CV**= Co-efficient of variation, **LS**= Level of significant, **DAT**= Days After Transplanting, **V₁**=BRRI dhan28, **V₂**= BRRI dhan58, **T₁**= P₂O₅ 100 kg/ha, **T₂**= P₂O₅ 150 kg/ha, **T₃**= P₂O₅ 200 kg/ha.

Statistically non significant differences were observed in no of effective tiller hill⁻¹ of rice presented in Table 2. The highest number of effective tiller hill⁻¹ (14.33) was observed in V₂ and the lowest (13.07) was in V₁. Number of effective tiller hill⁻¹ was significantly affected due to different doses of phosphorus fertilizers (Table 2). The highest number of effective tiller hill⁻¹ (15.34) was recorded in P₃ and the lowest (11.32) was in P₁. Effective tiller hill⁻¹ was significantly higher in P₃ which reduced by 5.86% and 26.20% in P₂ and P₁, respectively. The interaction effect between rice varieties and different phosphorus fertilization on effective tiller hill⁻¹ showed significant results (Table 2). Numerically the highest number of effective tiller hill⁻¹ (15.87) was found in the combination of V₂P₃ and the lowest number of effective tiller hill⁻¹ (10.47) was found in the combination of V₁P₁.

Non-Effective tiller hill⁻¹

Number of non-effective tiller hill⁻¹ was non-significant in case of rice varieties (Table 2). The highest number of non-effective tiller hill⁻¹ (5.31) was observed in V₂ and the lowest (5.87) was in V₁. Number of non-effective tiller hill⁻¹ was not significantly affected due to different phosphorus fertilizer rates (Table 2). The highest number of non-effective tiller hill⁻¹ (5.82) was recorded in P₃ and the lowest (5.37) was in P₁. Non-effective tiller hill⁻¹ reduced significantly 4.12% and 7.73% in P₂ and P₁, respectively in comparison to P₃. The interaction effect between rice varieties and different phosphorus fertilization on non-effective tiller hill⁻¹ was non-significant (Table 2). The highest number of non-effective tiller hill⁻¹ (6.09) was found in the combination of V₁P₃ and the lowest number of non-effective tiller hill⁻¹ (5.18) was found in the combination of V₂P₁.

Panicle Length (cm)

No remarkable difference in the length of the panicle was observed between the two rice varieties (Table 2). V₂ produced a comparatively higher value (23.23 cm) than that of V₁ (22.48 cm). Phosphorus fertilization had a remarkable effect on the rice panicle length (Table 2). In this case, the highest value (24.94cm) was recorded in P₃, which significantly reduced by 4.73% and 20.32% in P₂ and P₁, respectively. Statistically significant effect was observed in the length of panicle due to the interaction between rice varieties and phosphorus fertilization (Table 2). The highest length of the panicle (25.23cm) was obtained from the treatment combination of V₂ P₃ and the lowest length of panicle (19.27 cm) was found in treatment combination of V₁P₁.

Grains Panicle⁻¹

There was no significant in no of grains panicle⁻¹ was observed between the two rice varieties and V₂ produced a maximum (185.66) grains panicle⁻¹ and which was 4.51 higher than V₁ (Table 2). Phosphorus fertilization significantly influenced no of grains panicle⁻¹(Table 2). The highest grains panicle⁻¹ (200.70) was recorded from P₃ and the lowest no of grains panicle⁻¹ (154.33) was recorded from P₁. Statistically significant effect was observed in no of grains panicle⁻¹ due to the interaction between variety and different doses of phosphorus fertilizer (Table 2). The highest grains panicle⁻¹ (204.14) was acquired from V₂P₃ and the lowest grains panicle⁻¹ (148.11) was achieved from V₁P₁.

1000 grain weight (g)

No remarkable difference in 1000 grain weight (g) was found between two rice varieties and maximum 1000 grain weight (23.09) was found in V₂ and minimum was found in V₁ (22.72) (Table 2). Different phosphorus fertilization did not influence 1000 grain weight (g) of rice varieties (Table 2). The highest 1000 grain weight (23.18) was found in P₃, which reduce slightly by 0.64% and 2.93% in P₂ and P₁, respectively. No remarkable effect was observed in 1000 grain weight (g) due to the interaction between variety and different phosphorus fertilization (Table 2). The highest 1000 grain weight (23.30 g) was recorded from V₂P₃ and the lowest 1000 grain weight (22.18g) was obtained from V₁P₁.

Grain yield (t ha⁻¹)

Rice varieties did not differ significantly in case of grain yield. Numerically, V₂ showed the highest value (7.66 t ha⁻¹) than V₁(7.27 t ha⁻¹). In this case, V₂ exceeded V₁ by 5.36% (Table 2). Grain yield is significantly influenced by different phosphorus fertilizer doses (Table 2). The highest grain yield (8.26 t ha⁻¹) was obtained from P₃ which reduced slightly by (5.44%) in P₂ and significantly by 22.88% in P₁. The interaction between variety and phosphorus fertilization had a statistically significant effect on grain yield of rice varieties (Table 2). Interaction of V₂ with P₃ produced the highest grain yield (8.37 t ha⁻¹), while V₁P₁ produced the lowest grain yield (5.92 t ha⁻¹).

Straw yield (t ha⁻¹)

There was no significant difference in straw yield was viewed between two rice varieties of which V₂ produced the highest value (9.10 t ha⁻¹) (Table 2). This value was 5.93% higher than that in V₁. The application of different phosphorus fertilizer significantly influences straw yield of rice varieties (Table 2). The highest straw yield (9.81 t ha⁻¹) was recorded from P₃ which reduced slightly by 5.91% in P₂ and significantly by 23.95% in P₁. Statistically significant effect was observed in straw yield due to the interaction between variety and phosphorus fertilization (Table 2). The highest straw yield (10.05 t ha⁻¹) was achieved from V₂P₃ and the lowest straw yield (7.01 t ha⁻¹) was obtained from V₁P₁.

Biological yield (t ha⁻¹)

There was no remarkable difference in biological yield was noticed between the two rice varieties in which V₂ produced the highest value (16.76 t ha⁻¹). This value was 5.87% higher than that in V₁(Table 2). Biological yield is significantly influenced by different doses of phosphorus fertilizers (Table 2). The highest biological yield (18.07 t ha⁻¹) was obtained from P₃, which reduced slightly by 5.7% in P₂, but significantly by 23.79% in P₁. Statistically significant effect was observed in biological yield due to the interaction effect of variety and phosphorus fertilization (Table 2). The highest biological yield (18.42 t ha⁻¹) was obtained from V₂P₃ and the lowest biological yield (12.93 t ha⁻¹) was achieved from V₁P₁.

Harvest index (%)

Statistically non significant difference in harvest index was found between two rice varieties (Table 2). The highest value for harvest index(45.91) was found in V₁, which is only reduced by 0.39% in V₂. Significant differences were observed due to phosphorus fertilization in case of harvest index of rice (Table 2). The highest harvest index (45.88) was achieved from P₂, and lowest (45.73) was found in P₃. The harvest index showed a statistically significant effect due to the interaction between variety and phosphorus fertilization. The highest harvest index(46.00) was achieved from V₁P₃ and the lowest harvest index (45.48) was obtained from V₂P₃ (Table 2).

Table 2 : Varietal differences, Effect of phosphorous fertilization and Interaction effects on yield and yield contributing characters of rice

| Variety | Panicle Length(cm) | No of Grain panicle ⁻¹ | 1000 Grain Weight | Grain Yield (t ha ⁻¹) | Straw Yield (t ha ⁻¹) | Biological Yield (t ha ⁻¹) | Harvest Index(%) |
|-------------------------------|--------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|------------------|
| V ₁ | 22.48±0.88 | 177.28±8.76 | 22.72±0.21 | 7.27±0.38 | 8.56±0.47 | 15.83±0.84 | 45.91±0.28 |
| V ₂ | 23.23±0.79 | 185.66±7.87 | 23.09±0.20 | 7.66±0.29 | 9.10±0.40 | 16.76±0.68 | 45.73±0.26 |
| LS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| CV% | 5.03 | 8.6 | 2.57 | 7.45 | 9.58 | 8.49 | 2.03 |
| Treatments | | | | | | | |
| P ₁ | 19.87±0.42b | 154.33±5.68b | 22.50±0.20 | 6.31±0.27b | 7.46±0.35b | 13.77±0.61b | 45.84±0.45 |
| P ₂ | 23.76±0.46a | 189.37±6.31a | 23.03±0.23 | 7.81±0.20a | 9.23±0.33a | 17.04±0.52a | 45.88±0.31 |
| P ₃ | 24.94±0.49a | 200.70±6.10a | 23.18±0.27 | 8.26±0.21a | 9.81±0.33a | 18.07±1.33a | 45.73±0.26 |
| LS | 0.05 | 0.05 | NS | 0.05 | 0.05 | 0.05 | NS |
| CV% | 5.03 | 8.6 | 2.57 | 7.45 | 9.58 | 8.49 | 2.03 |
| Interaction | | | | | | | |
| V ₁ P ₁ | 19.27±0.44b | 148.11±5.65c | 22.18±0.21 | 5.92±0.38b | 7.01±0.46c | 12.93±0.81c | 45.79±0.82 |
| V ₁ P ₂ | 23.51±0.71a | 186.45±10.70ab | 22.92±0.33 | 7.73±0.31a | 9.11±0.49ab | 16.84±0.81ab | 45.95±0.37 |
| V ₁ P ₃ | 24.65±0.72a | 197.27±10.31a | 23.07±0.38 | 8.14±0.33a | 9.58±0.53a | 17.72±0.86a | 46.00±0.36 |
| V ₂ P ₁ | 20.47±0.57b | 160.55±9.53bc | 22.81±0.24 | 6.70±0.26b | 7.91±0.45bc | 14.61±0.70bc | 45.89±0.58 |
| V ₂ P ₂ | 24.00±0.71a | 192.28±8.72a | 23.15±0.37 | 7.89±0.32a | 9.35±0.52ab | 17.24±0.82a | 45.81±0.57 |
| V ₂ P ₃ | 25.23±0.78a | 204.14±8.24a | 23.30±0.45 | 8.37±0.32a | 10.05±0.47a | 18.42±0.79a | 45.48±0.36 |
| LS | 0.05 | 0.05 | NS | 0.05 | 0.05 | 0.05 | NS |
| CV% | 5.03 | 8.6 | 2.57 | 7.45 | 9.58 | 8.49 | 2.03 |

kg/ha Mean values in a column having the same letters or without letter do not differ significantly as per DMRT, **NS**= Non-significant, **CV**= Co-efficient of variation, **LS**= Level of significant, **V₁**=BRR1 dhan28, **V₂**= BRR1 dhan58, **T₁**= P₂O₅ 100 kg/ha, **T₂**= P₂O₅ 150 kg/ha , **T₃**= P₂O₅ 200.

5.DISCUSSION

The differential growth and yield observed among rice varieties can be attributed to their inherent genetic characteristics, which play a pivotal role in shaping their responses to environmental conditions and nutrient availability (Shahin *et al.*, 2023). The unique genetic composition of each variety dictates specific growth habits, nutrient uptake efficiencies, and stress tolerance levels. BRR1 dhan28 and BRR1 dhan58 exhibit significant genetic variations that likely influence root architecture, photosynthetic efficiency, and nutrient use efficiency (Li *et al.*, 2023). These differences impact the varieties' abilities to absorb and utilize phosphorus, a critical nutrient for plant development. Genetic disparities between BRR1 dhan28 and BRR1 dhan58 may affect critical growth stages, including tillering, panicle initiation, and grain filling. Such variations contribute to observed differences in plant height, tiller number, panicle length, grain number, and overall yield. The interaction of these genetic traits with environmental factors, such as soil fertility, water availability, and climatic conditions, underscores the complexity of growth and yield outcomes (Bhardwaj *et al.*, 2024). Phosphorus (P) plays a critical role in energy transfer within plants, being a key component of adenosine triphosphate (ATP) (Khan *et al.*, 2023), which is essential for various physiological processes, including cell division and elongation (Kayoumu *et al.*, 2023). Increased phosphorus availability likely enhances the plant's energy status, leading to increased cell division and elongation, thereby resulting in taller plants. This mechanism aligns with findings from Karmakar (2016) and Reddy *et al.* (2005), who reported increased plant height with higher phosphorus fertilization. Phosphorus is essential for root development, which aids the plant's ability to produce additional tillers (Thrupthi *et al.*, 2023). Enhanced root systems increase nutrient and water intake, resulting in the development of more tillers. This observation agrees with the findings of Islam *et al.* (2011). Furthermore, phosphorus is required for the synthesis of nucleic acids and the creation of cell membranes, both of which are critical for chloroplast growth and function (Khn *et al.*, 2023). Improved chloroplast function increases photosynthetic efficiency, resulting in higher chlorophyll content. Effective tillers, those who contribute to grain production, are critical for yield improvement. Phosphorus promotes root development, nutrient uptake, and energy availability, hence facilitating the setting up of effective tillers (Thrupthi *et al.*, 2023). Longer panicles with more spikelets can lead to better grain output. Phosphorus increases the plant's general vigour, resulting in improved panicle growth and elongation. During reproductive development, phosphorus influences flowering and grain formation (Sun *et al.*, 2023). Adequate phosphorus promotes optimal energy transfer and metabolic activity throughout these important periods, resulting in increased grain set and grain numbers per panicle (Wang *et al.*, 2023). Furthermore, a steady supply of energy and nutrients during grain filling, accompanied by appropriate phosphorus, can result in somewhat heavier grains. Phosphorus supports overall plant growth and development,

resulting in increased biomass production, including both grain and straw. The increased straw yield under higher phosphorus levels indicates enhanced vegetative growth and structural development, which are important for supporting high grain yield (Thrupthi *et al.*, 2023 and Khan *et al.*, 2024). These findings underscore the multifaceted role of phosphorus in enhancing various growth parameters and yield components in rice plants.

5. CONCLUSION

The experiment conducted at the Agronomy Field Laboratory, University of Rajshahi, aimed to evaluate the response of boro rice varieties BRRi dhan28 and BRRi dhan58 to different phosphorus fertilizer doses. Results indicated that BRRi dhan58 consistently outperformed BRRi dhan28 across most growth and yield parameters, including plant height, tiller numbers, chlorophyll content, panicle length, grain yield, straw yield, and biological yield. Specifically, the highest phosphorus dose ($P_3 = 200$ kg/ha) significantly enhanced these parameters, resulting in the best overall performance, especially in combination with BRRi dhan58. This combination (V_2P_3) achieved the highest values in plant height, total tillers, effective tillers, chlorophyll content, panicle length, total grains per panicle, 1000-grain weight, grain yield, straw yield, and biological yield. The study concluded that BRRi dhan58 is superior to BRRi dhan28, and the application of 200 kg/ha of P_2O_5 is most effective in enhancing rice yield.

6. REFERENCES

1. Alam MM, Ali MH, Amin AKMR, Mirza Hasanuzzaman. Yield attributes, yield and harvest index of three irrigated rice varieties under different levels of phosphorus. *Adv Biol Res.* 2009;3(3-4):132-139.
2. APCAS (Asia and Pacific Commission on Agricultural Statistics). Agriculture Market Information System (AMIS) in Bangladesh. Twenty-sixth session on Asia and Pacific Commission Agriculture Statistics. 2016; pp. 15-19.
3. Bhardwaj R, Khwairakpam R, Negi AS, Rawat B. Implication of Plant Functional Traits in Crop Improvement. In: Plant Functional Traits for Improving Productivity. Singapore: Springer Nature Singapore; 2024. p. 23-39.
4. BRRi (Bangladesh Rice Research Institute). Annual Report for the Year 1992. Gazipur-1701, Bangladesh; 1992:51-55.
5. Choudhury ATMA, Kennedy LR, Ahmed MF, Kecskes ML. Phosphorus fertilization for rice and control of environmental pollution problems. *Pakistan J Biolo Sci.* 2007;10:2098-2105.
6. Das T, Sinha AC. Effect of organic and inorganic sources of nutrients on growth and yield of rice (*Oryza sativa*) under terai region of West Bengal. *J Interacademia.* 2006;10(1):16-19.
7. Dinesh S, Ishwer S, Kumar SP. Influence of different nitrogen and phosphorus levels on profitability, plant nutrient content, yield and quality in basmati cultivars. *Trends Biosci.* 2012;5(4):289-293.
8. Dobermann A, Casmann KG, Cruz PCS, Adviento MAA, Pampolino MF. Fertilizer inputs, nutrient balance and soil nutrient supplying power in intensive, irrigated rice ecosystems. III. Phosphorus. *Nutr Cycl Agroecosyst.* 1996;46:111-125.
9. Dunn DJ, Stevens G. Response of rice yields to phosphorus fertilizer rates and polymer coating. *J Agril Sci.* 2008;42(3):34-37.
10. FAO (Food and Agriculture Organization). Yearbook of Production. *FAO Statistics Division.* 2009:605-607.
11. He-Yuan Q, Shen QR, Kong IL, Yiong YS, Wang XX. Effect of soil moisture content and phosphorus application on phosphorus nutrition of rice cultivated in different water regime systems. *J Plant Nutr.* 2004;27(12):2259-2272.
12. Iqbal M. Yield and biomass in rice interactions of nitrogen, phosphorus and water application. *Pakistan J Biol Sci.* 2004;7(12):2115-2120.
13. Islam MR, Saha PK, Zaman MJ, Uddin SK. Phosphorus fertilization in inbred and hybrid rice. *J Biol Sci.* 2010;19(2):181-187.
14. Kayoumu M, Iqbal A, Muhammad N, Li X, Li L, Wang X, et al. Phosphorus availability affects the photosynthesis and antioxidant system of contrasting low-P-tolerant cotton genotypes. *Antioxidants.* 2023;12(2):466.
15. Khan F, Siddique AB, Shabala S, Zhou M, Zhao C. Phosphorus plays key roles in regulating plants' physiological responses to abiotic stresses. *Plants.* 2023;12(15):2861.
16. Khandaker MM. Effect of rate and time of phosphorus fertilizer application on growth and yield of rice. MS Thesis, Bangladesh Agricultural University (BAU), Mymensingh; 2003:1-63.
17. Kumar S, Singh RS. Phosphorus management in rice-wheat cropping system. *J Res, Birsa Agric Univ.* 2001;13(1):51-56.
18. Li Y, Tao F, Hao Y, Tong J, Xiao Y, He Z, et al. Variations in phenological, physiological, plant architectural and yield-related traits, their associations with grain yield and genetic basis. *Ann Botany.* 2023;131(3):503-519.
19. Li YF, Luo AC, Wei XH, Yao XG. Genotypic variation of rice in phosphorus acquisition from iron phosphate. Contributions of root morphology and phosphorus uptake kinetics. *Russian J.* 2007;54(2):230-236.
20. Maclean JC, Dawe DC, Hardy B, Hettel GP. Rice almanac (3rd edition). *CABI Publishing Willing Ford;* 2002:253.
21. Moula SM. Comparative performance of rock phosphate and TSP on T. Aman rice in Old Brahmaputra Flood Plain and Old Himalayan Piedmont plain soils. MS Thesis, Bangladesh Agricultural University, Mymensingh; 2005.
22. Myint AK, Yarnakawa T, Kajihara Y, Zenmyo T. Application of different organic and mineral fertilizers on the growth, yield and nutrient accumulation of rice in a Japanese ordinary paddy field. *Sci World J.* 2010;5(2):47-54.
23. Nair CS, Rajasree B. Efficiency of phosphate concentrate (34/74) and super phosphate at two levels on yield characters of rice in the neutral to alkaline soils of Chittoor palaghat Kerala. *Indian J Agron.* 2004;46(3):98-104.
24. Pheav S, Bell RW, White PF, Kirk GJD. Fate of applied fertilizer phosphorus in a highly weathered sandy soil under lowland rice cropping and its residual effect. *Field Crops Res.* 2003:1-16.
25. Rasavel M, Ravichandran M. Effect of zinc phosphorus and sulfur interactions on growth and yield of rice under neutral and alkali soils. *Intl J Curr Res.* 2013;5(1):65-67.
26. Sahrawat KL, Jones MP, Diatta S, Adam A. Response of upland rice to fertilizer phosphorus and its residual value in an ultisol. *Commun Soil Sci Plant Anal.* 2001;32(15-16):2457-2468.
27. Saleque MA, Abedin MJ, Panuallah GH, Bhuiyan NL. Yield and phosphorus efficiency of some low land rice varieties at different levels of soil available phosphorus. *Commun Soil Sci Plant Anal.* 1998;29:2905-2916.
28. Sanker AS, Reddy PR, Rao IVS. Nodulation and nitrogen fixation in groundnut as affected by seed size and phosphorus. *Legume Res J.* 1984:1-5.
29. Shahin MNH, Harun-Or-Rashid M, Atikuzzamman M, Uddin MR, Kobir MS. Assessment of Genetic Variability for Yield and Yield Contributing Characters in Rice (*Oryza sativa* L.). *Asian J Agric Hort Res.* 2023;10(4):281-296.

30. Sharpley AN, McDowell RW, Kleinman PJA. Phosphorus loss from land to water: integrating agricultural and environmental management. *Plant Soil*. 2001;237:287-307.
31. Sun Y, Han Y, Xu Z, Zhang J, Shen J, Cheng L. Phosphorus partitioning contributes to phosphorus use efficiency during grain filling in *Zea mays*. *Front Plant Sci*. 2023;14:1223532.
32. Talukder ASMHM, Meisner CA, Sarkar MAR, Islam MS. Effect of water management, tillage options and phosphorus rates on rice in an arsenic-soil-water system. In: 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World; 2010 Aug 1-6; Brisbane, Australia. Published on DVD. pp. 62-65.
33. Tang X, Shi YM, Hao X. Phosphorus efficiency in a long-term wheat-rice cropping system in China. *J Agril Sci*. 2011;149(3):297-304.
34. Thrupthi MG, Debbarma V, Harika D. Influence of phosphorus and micronutrients on growth and yield of rice (*Oryza sativa* L.). *Int J Environ Clim Change*. 2023;13(8):162-169.
35. Tripathi BN, Dixit VK, Chaubey CN. Influence of various levels of moisture regimes, puddling and phosphorus application on the yield and nutrient uptake by rice. *Bhartiya Krishi Anusandhan Patrika*. 2001;16(1-2):45-50.
36. Wang J, Li H, Wang Q, Huang X, Hu W, Wang S, et al. Effects of phosphorus application on carbohydrate metabolism in cottonseed kernel during the key development period provided a new insight for phosphorus management in cotton production. *Ind Crops Prod*. 2023;191:115972.
37. Xu-Da Y, Tin J, Hu-Shu Y, Gao Y, Yang JC, Zhu-Quing S. Effect of N, P, K, fertilizer management on grain amylase content and RVA profile parameters in rice. *Acta Agronomica Sinica*. 2005;31(7):921-925.
38. Yosef, T. S. (). Effect of nitrogen and phosphorus fertilizer management on growth and yield of rice. *Intl. J. Agric. Crop Sci*. 2013a;5(15): 1659-1662.
39. Yosef TS. Effect of nitrogen and phosphorus fertilizer on spikelet structure and yield in rice (*Oryza sativa* L.). *Int J Agric Crop Sci*. 2013;5(11):1204-1208.
40. Zaman S, Hashem MA, Miah MH, Mallik SA, Shamsuddoha ATM. Effect of organic and inorganic sources of nitrogen and potassium on physical and chemical properties of soil under rice cropping. *Bangladesh J Agril Sci*. 2000;27(1):71-76.
41. Khan, M.T.A.; Momen, M.B.H.; Yasmin, N.; Islam, M.R. and Salahin, M.(2024). The Collaborative Effect of Hand Weeding and Herbicide Application on the Growth and Yield of Boro Rice. *International Journal of Novel Research in Life Sciences*. Vol. 11, Issue 4, pp: (16-22). <https://doi.org/10.5281/zenodo.12783751>



How to cite this article: Mesbaus Salahin, Billal Hossain Momen, Rashedur Rahman Tanvir, Mominul

Islam, Robiul Islam and Tariful Alam Khan. Effects of Varied Phosphorus Fertilizer Rates on Yield and Nutrient Uptake of Boro Season Rice (*Oryza sativa* L.) in Bangladesh. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2024; 19(2): 10-17. DOI : <https://doi.org/10.5281/zenodo.12709384>

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/>

Analyse des Impacts Environnementaux de la Croissance Démographique et de la Périurbanisation dans la Commune d'Adjarra

Analysis of the Environmental Impacts of Population Growth and Periurbanization in the Commune of Adjarra

| Coffi Adrien DOSSOU-YOVO ¹ | Sènakpon Cyrille KIKI ^{2*} | T. Auguste HOUINSOU ³ | et | Toussaint VIGNINO ⁴ |

¹. Université d'Abomey-Calavi | Institut du Cadre de Vie | Bénin |

². Ecole Doctorale Pluridisciplinaire : Espace, Culture et Développement | Université d'Abomey-Calavi | Bénin |

³. Université d'Abomey-Calavi | Département de Géographie et Aménagement du Territoire | Laboratoire d'Aménagement du Territoire, d'Environnement et du Développement Durable | Bénin |

⁴. Université d'Abomey-Calavi | Département de Géographie et Aménagement du Territoire | Laboratoire d'Étude des Dynamiques Urbaines et Régionales | Bénin |



| DOI: 10.5281/zenodo.13342526 | | Received July 15, 2024 | | Accepted August 15, 2024 | | Published August 20, 2024 | | ID Article | Kiki-Ref05-2-19ajiras150824 |

RESUME

Introduction : Les dynamiques démographiques en cours dans la commune d'Adjarra sont responsables de l'expansion périurbaine des habitations observée dans la région. **Objectif** : Cette recherche a pour objectif d'analyser les impacts environnementaux de la croissance démographique et de la périurbanisation dans la commune d'Adjarra. **Méthodes** : La méthodologie adoptée repose sur la collecte et le traitement des données. Un total de 267 ménages a été enquêté et 39 personnes ressources ont été interviewées. Les données collectées ont été traitées et analysées à l'aide des logiciels Excel 2021, ArcGIS version 10.8 et ENVI 5.1, permettant l'interprétation des images Landsat ETM+, Landsat OLI-TIRS et des images SRTM. **Résultats** : Les résultats indiquent que la croissance démographique et la périurbanisation à Adjarra ont entraîné d'importantes modifications environnementales. La superficie des agglomérations a augmenté de 3 637 ha en 20 ans, passant de 692 ha en 2002 à 4 329 ha en 2022. Cette expansion des surfaces bâties entraîne une consommation accrue des terres pour la construction, avec des taux de consommation variant de 1,31 % à 7,92 % en 2022, et un processus d'urbanisation à des vitesses variables, allant de 0,163 à 0,961. Cette situation a conduit à la prolifération des dépotoirs sauvages, à l'occupation des zones à risque d'inondation, et à des problèmes de gestion des déchets dans la commune. **Conclusion** : Il est impératif de mettre en place une politique de gestion efficace pour atténuer les effets environnementaux de la croissance démographique et de la périurbanisation à Adjarra.

Mots-clés : Adjarra, augmentation démographique, urbanisation, consommation des terres

ABSTRACT

Introduction: The ongoing demographic dynamics in the commune of Adjarra are responsible for the observed peri-urban expansion of housing in the region. **Objective**: This research aims to analyze the environmental impacts of demographic growth and peri-urbanization in the commune of Adjarra. **Methods**: The methodology adopted involves data collection and processing. A total of 267 households were surveyed and 39 key informants were interviewed. The collected data were processed and analyzed using Excel 2021, ArcGIS version 10.8, and ENVI 5.1 software, which facilitated the interpretation of Landsat ETM+, Landsat OLI-TIRS images, and SRTM images. **Results**: The results indicate that demographic growth and peri-urbanization in Adjarra have led to significant environmental changes. The area of built-up land increased by 3,637 ha over 20 years, from 692 ha in 2002 to 4,329 ha in 2022. This expansion in built-up areas has led to increased land consumption for construction, with consumption rates ranging from 1.31% to 7.92% in 2022, and urbanization occurring at varying rates from 0.163 to 0.961. This situation has resulted in the proliferation of illegal dumps, occupation of flood-prone areas, and waste management issues within the commune. **Conclusion**: It is imperative to implement an effective management policy to mitigate the environmental effects of demographic growth and peri-urbanization in Adjarra.

Keywords: Adjarra, demographic growth, urbanization, land consumption.

1. INTRODUCTION

L'une des dynamiques les plus significatives de ce début de troisième millénaire est la croissance urbaine accélérée à l'échelle mondiale, particulièrement dans les pays en développement [1]. Depuis un demi-siècle, l'urbanisation rapide, caractérisée par une densification démographique marquée, exerce une pression croissante sur les ressources foncières, entraînant des mutations profondes dans les structures foncières [2]. En Afrique, la croissance démographique constitue un facteur déterminant dans la dynamique urbaine. La périurbanisation, définie comme l'expansion des interfaces entre zones urbaines et rurales, soulève des préoccupations majeures quant à la durabilité environnementale [3].

Au Bénin, où la croissance démographique est soutenue, la gestion efficace de la périurbanisation, phénomène accompagnant l'accroissement de la population, reste un défi majeur pour les acteurs de l'aménagement du territoire. Selon Glele (2012) [4], l'un des problèmes essentiels auxquels sont confrontés les gouvernements au Bénin, comme dans la plupart des pays en développement, est la maîtrise de l'urbanisation dans un contexte de croissance

démographique exponentielle. Dans ce contexte, le défi pour les autorités réside dans la gestion des impacts de cette urbanisation rapide sur l'utilisation des sols.

La commune d'Adjarra, située au Sud-Est du Bénin, n'échappe pas à ces dynamiques. Entre le premier Recensement de la Population et de l'Habitation au Bénin en 1979 et le dernier en date de 2013, la population d'Adjarra a considérablement augmenté, passant de 34 074 habitants en 1979 à 97 424 habitants en 2013 [5]. Cette croissance démographique, moteur de la périurbanisation dans la commune, s'explique par plusieurs facteurs. La position géographique d'Adjarra, proche de Porto-Novo, en fait une zone d'accueil pour l'étalement urbain, particulièrement pour les ménages dont les revenus ne permettent pas l'acquisition de terres en milieu urbain. Cela a conduit à un développement spectaculaire du marché foncier dans la commune, où, selon Vigninou (2010) [6], les employés et ouvriers aux revenus modestes s'installent dans l'espace périurbain, où le foncier est plus abordable. Depuis plusieurs décennies, la région d'Adjarra connaît une forte dynamique foncière moderne, marquée par l'achat, la vente et le lotissement des terres [7]. Cette expansion urbaine se traduit par une consommation accrue des espaces naturels, accompagnée de conséquences environnementales significatives.

La densification de l'habitat dans cette commune contribue à l'extension des zones périurbaines vers des espaces autrefois ruraux. Cette périurbanisation, étroitement liée à la croissance démographique, alimente également une production accrue de déchets, souvent déposés dans des dépotoirs sauvages en l'absence de gestion adéquate. Ces observations ont motivé la présente étude, qui vise à analyser les implications environnementales de la croissance démographique et de la périurbanisation dans la commune d'Adjarra.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1 Présentation du cadre de la recherche

La commune d'Adjarra est située dans le département de l'Ouémé, au Sud-Est de la République du Bénin entre 6°26' et 6°31' de latitude Nord et 2°37' et 2°42' de longitude Est. Avec une superficie de 75 km², elle est limitée au Nord par la commune d'Avrankou, au Sud par la commune Sèmè-Podji, à l'Ouest par la commune de Porto-Novo et à l'Est par la République Fédérale du Nigéria. La figure 1 présente la situation géographique et administrative de la commune d'Adjarra.

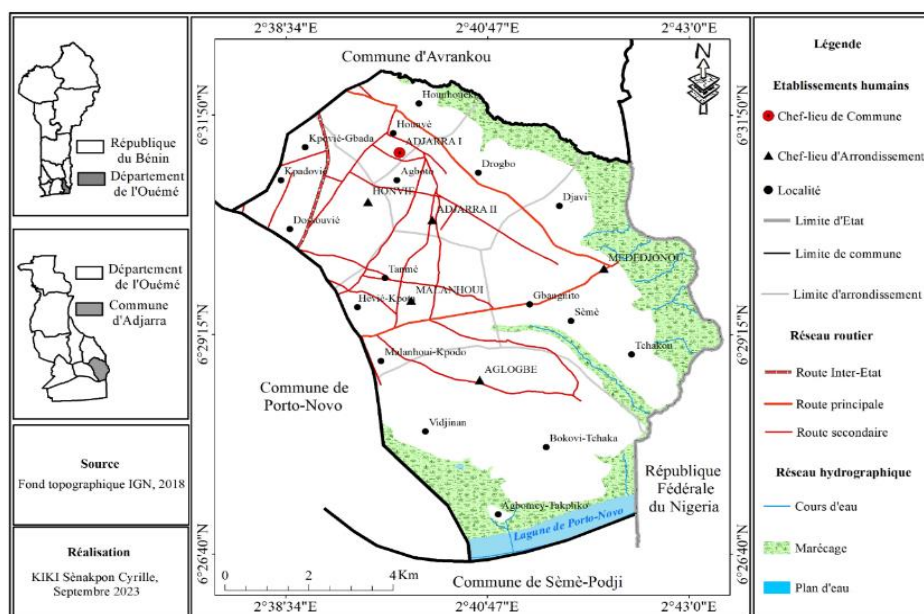


Figure 1 : Situations géographique et administrative de la commune d'Adjarra

2.2. Données utilisées

Les principales données utilisées dans le cadre de cette recherche sont des données géospatiales. Elles sont obtenues à travers l'acquisition et le traitement des images satellitaires, ce qui a permis d'avoir des chiffres utiles à l'évaluation des implications de la croissance démographique et de la périurbanisation sur l'espace de la commune d'Adjarra. Les caractéristiques de ces images satellitaires sont consignées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques et sources des images satellites utilisées.

| | Type | Format | Résolution | Date | Source | Utilité |
|---|--------------------------|--------|------------|------------|--------|-----------------------------------|
| 1 | Image Landsat 7 ETM | Tiff | 30 m | 28/12/2002 | USGS | Carte d'occupation du sol de 2002 |
| 2 | Image Landsat 8 OLI-TIRS | Tiff | 30 m | 18/12/2013 | USGS | Carte d'occupation du sol de 2013 |
| 3 | Image Landsat 8 OLI-TIRS | Tiff | 30 m | 13/12/2022 | USGS | Carte d'occupation du sol de 2022 |
| 4 | Image SRTM | Tiff | 30 m | 2015 | USGS | MNT et Carte des pentes |

(Source : USGS/NASA, 2022)

La lecture du tableau 1 montre que toutes ces images ont été acquises dans la période sèche (Décembre - Janvier), période optimale pour la meilleure perception des différentes unités d'occupation du sol dans le milieu de recherche. Par ailleurs, les données qualitatives sont essentiellement relatives aux modes de gestion de gestion des déchets solides ménagers et des eaux usées dans la commune d'Adjarra. Quant aux données quantitatives, elles concernent les taux d'abonnement des ménages aux structures de pré collecte des ordures ménagères dans la commune d'Adjarra. Ces données sont obtenues auprès d'un échantillon déterminé à partir du protocole de Schwarz (1995, p. 95) :

$$N = \frac{(Z\alpha)^2 Pq}{i^2} \quad (1)$$

N : taille de l'échantillon

Z α : écart réduit correspondant à un risque α de 5 % est **1,96**;

P : proportion des ménages des différents villages ciblés par rapport au nombre de ménages de la commune d'étude.

i : précision désirée égale à 6 % ;

q : 1- p (ici, q = 0,51) ;

$$N = (1,96)^2 \times 0,49 (1- 0,49) / (0,06)^2 = 266,67 \approx 267 \text{ ménages.}$$

Au total 267 ménages ont été enquêtés. Ces 267 ménages enquêtés ont été répartis dans tous les arrondissements. En plus de ces ménages, trente-huit (38) personnes composées des élus locaux, des cadres de la mairie, des responsables d'ONG et d'autres personnes ressources ont été interviewée lors des enquêtes de terrain.

2.3. Outils et matériels de collecte des données

Les outils qui ont permis la collecte des informations sont entre autres le questionnaire adressé aux ménages, les guides d'entretien qui ont servi à la conduite des interviews avec les autorités locales et les personnes ressources.

Par ailleurs, le GPS Garmin Etrex 10 a permis de prendre les coordonnées géographiques utiles pour cette recherche. Un appareil Figure numérique a servi pour les prises de vues à des fins d'illustration ainsi qu'une tablette pour la collecte des données via l'application Kobocollect.

2.4. Méthodes de traitement des données

Les différentes données ainsi collectées ont subi des traitements appropriées grâce au logiciel Excel 2021 (pour la réalisation des graphes), Envi 5.1 pour le traitement des images satellitaires et ArcGis 10.8 pour les différentes réalisations cartographiques.

2.4.1. Analyse de l'évolution des unités d'occupation du sol

L'évolution des unités d'occupation du sol a été évaluée en calculant le taux d'expansion spatiale annuel entre 2002 et 2020. Cette analyse repose sur la formule développée par Bernier (1992) pour quantifier les changements dans la superficie des formations végétales.

La formule utilisée est :

$$T = \frac{\ln\left(\frac{S_2}{S_1}\right)}{t} \quad (2)$$

Où :

S₁ : est la superficie occupée par une unité en 2002,

S₂ : est la superficie occupée par la même unité en 2020,

t : est le nombre d'années écoulées (18 ans dans ce cas),

ln : représente le logarithme népérien,

Le taux moyen annuel d'expansion a été calculé en appliquant cette formule, ce qui a permis de projeter l'évolution des unités d'occupation du sol jusqu'en 2030, en supposant que les tendances actuelles se maintiennent. Les projections ont été réalisées en utilisant des extrapolations basées sur le taux d'expansion observé.

2.4.2. Détermination du Taux de Consommation des Terres

Le taux de consommation des terres est calculé suivant la formule ci-après afin d'évaluer la quantité de terre consommée par unité de population.

$$TCT = \frac{S}{P} \times 100 \quad (3)$$

Le taux de consommation des terres permet d'apprécier sur différentes périodes de temps la quantité de terres mobilisée et transformée par les populations en surface bâtie. C'est un indicateur qui montre la pression exercée sur les terres par unité de population sur une unité spatiale donnée.

2.4.3. Méthode de calcul de l'indice de vitesse d'urbanisation

Les données statistiques issues des traitements d'images ont permis de calculer l'indice de vitesse d'urbanisation pour chaque arrondissement de la commune d'Adjara. Cet indice se base sur les surfaces bâties cumulées sur une unité spatiale donnée au cours d'une définie et permet de dégager le profil de rapidité d'urbanisation sur une période donnée. La formule permettant de calculer cet indice est la suivante :

$$IVU = Sb/NS \tag{4}$$

Avec :

IVU : Indice de Vitesse d'Urbanisation ;

Sb : Superficie des bâtis ;

S : Surface totale ;

N : Nombre d'années au cours desquelles les superficies bâties ont été cumulées.

Les résultats obtenus à partir de ce calcul sont cartographiés grâce au logiciel ArcGIS 10.8 et ont permis de classer en trois catégories les espaces selon qu'il soit : un espace à forte vitesse d'urbanisation, espace à moyenne vitesse d'urbanisation et espace à faible vitesse d'urbanisation.

3. RESULTATS

La croissance démographique et le processus de périurbanisation en cours dans la commune d'Adjara sont porteurs de nombreuses implications au plan environnemental à travers la dynamique de l'occupation du sol.

3.1. Dynamique de l'occupation des terres et artificialisation de l'espace

La poussée démographique et la périurbanisation dans la commune d'Adjara induisent une forte dynamique en matière de l'occupation des terres. En effet, l'extension de plus en plus rapide des bâtis conduit progressivement à l'artificialisation des sols qui n'est rien d'autre que la perte de la naturalité de ces derniers. La figure 2 présente la dynamique de l'occupation du sol dans la commune d'Adjara de 2002 à 2022.

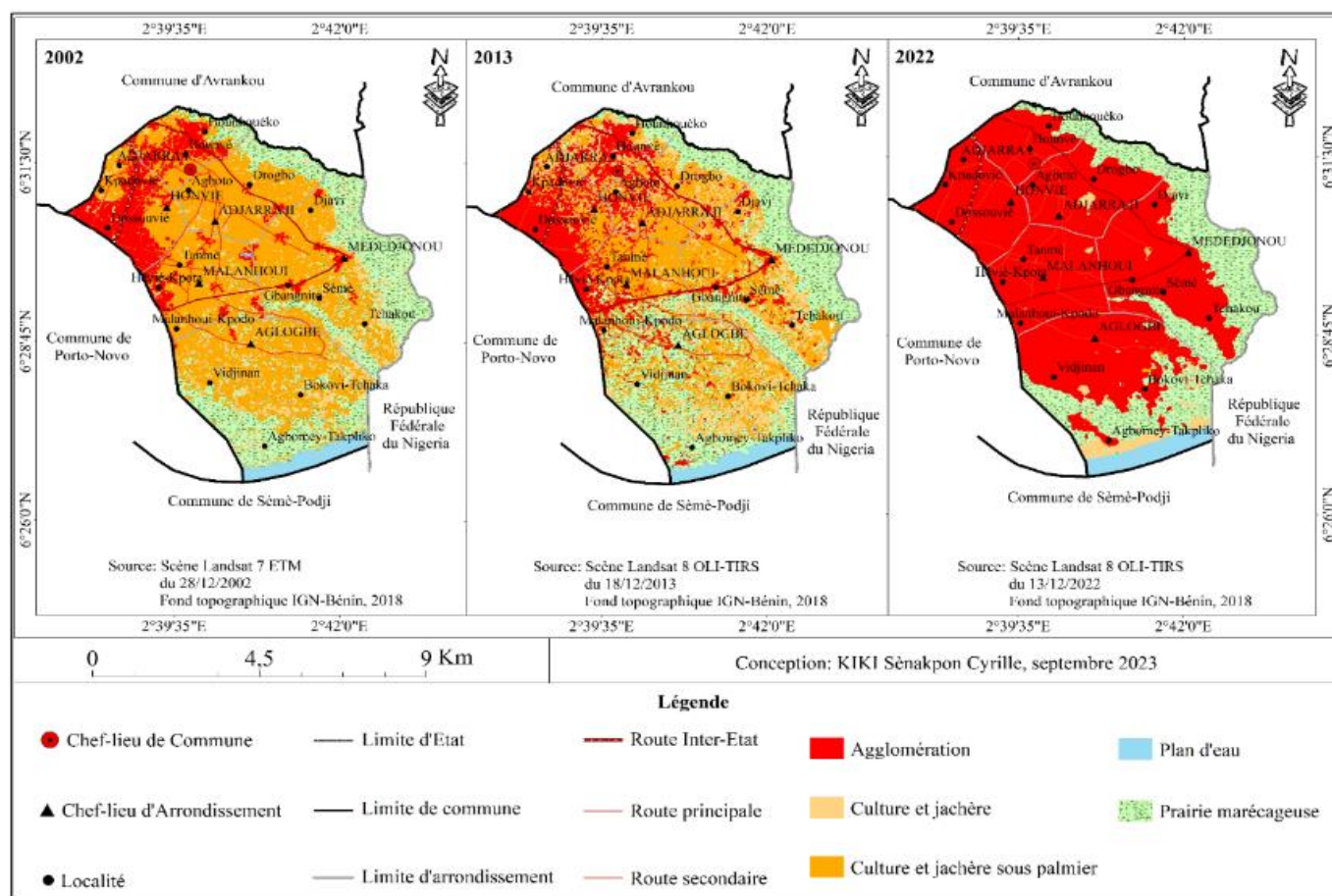


Figure 2 : Occupation du sol dans la commune d'Adjara de 2002 à 2022.

La figure 2 montre les profondes mutations dues à l'extension des agglomérations, à la phagocytose des espaces périurbains et ruraux. On peut constater qu'en 2002, l'extension des agglomérations a commencé à partir de la route

inter-Etat notamment dans l'arrondissement de Honvié et Adjarra I. Elle s'est progressivement poursuivie dans les autres arrondissements. Le tableau 2 présente la synthèse de la superficie des unités d'occupation du sol dans la commune d'Adjarra entre 2002 et 2022.

Tableau 2 : Synthèse de la superficie des unités d'occupation du sol entre 2002 et 2022.

| Unités d'occupation du sol | Etat en 2002 | | Etat en 2013 | | Bilan 2002-2013 | | Etat en 2022 | | Bilan 2013-2022 | |
|----------------------------------|--------------|------------|--------------|------------|-----------------|----------|--------------|------------|-----------------|----------|
| | Superficie | | Superficie | | Superficie | | Superficie | | Superficie | |
| | ha | % | ha | % | ha | % | ha | % | ha | % |
| Agglomération | 692 | 9,23 | 1783 | 23,77 | 1091 | 14,55 | 4329 | 57,72 | 2546 | 33,95 |
| Culture et jachère | 2131 | 28,41 | 1627 | 21,69 | -504 | -6,72 | 1165 | 15,53 | -462 | -6,16 |
| Culture et jachère sous palmiers | 3006 | 40,08 | 2628 | 35,04 | -378 | -5,04 | 794 | 10,59 | -1834 | -24,45 |
| Marécage | 1513 | 20,17 | 1305 | 17,40 | -208 | -2,77 | 1055 | 14,07 | -250 | -3,33 |
| Plan d'eau | 158 | 2,11 | 157 | 2,09 | -1 | -0,01 | 157 | 2,09 | - | - |
| Total | 7500 | 100 | 7500 | 100 | - | - | 7500 | 100 | - | - |

(Source : Résultats des classifications des images satellitaires Landsat 7 ETM et OLI-TIRS de 2002, 2013 et 2022).

Les chiffres présentés dans le tableau 2 indiquent l'état des différentes unités d'occupation du sol dans la commune d'Adjarra respectivement pour les années 2002, 2013 et 2022. En 2002, les cultures et jachères sous palmiers sont occupaient la première place avec une superficie de 3006 ha, soit 40,08 % de la superficie totale de la commune. Ils sont suivis des cultures et jachères (28,41 %) et des marécages (20,17 %). A cette date, les agglomérations n'occupaient qu'une superficie de 692 ha soit 9,23 % de la superficie communale. Mais en 2013, la superficie des agglomérations est passée à 1783 ha, soit 23,77 % de la superficie de la commune d'Adjarra avec une progression de 14,55 %. Pendant ce temps, les cultures et jachères et les cultures et jachères sous palmiers ont connu une régression respective de 6,72 % et 5,05 %. Les marécages quant à eux aussi ont régressé de 2,77 % au cours de la même période. Cette tendance s'est maintenue en 2022 faisant passer la superficie des agglomérations à 4329 (57,72 %) de la superficie totale, soit une hausse de 2546 ha (33,95 %) par rapport à 2013. Inversement, la superficie des cultures et jachères a diminué de 462 ha, celle des cultures et jachères sous palmier de 1834 ha et de 250 ha pour les marécages entre 2013 et 2022. Ces différents changements démontrent la pression humaine sur les terres de la commune d'Adjarra, laquelle résulte des phénomènes de la croissance démographique et de la périurbanisation.

3.2. Utilisation des terres et vitesse d'urbanisation dans la commune d'Adjarra

L'utilisation des terres dans la commune d'Adjarra apparait comme un reflet de la croissance de l'effectif de la population et de la périurbanisation. En effet, depuis 2002, le taux de l'utilisation des terres dans tous les arrondissements de la commune est en progression et varie d'un arrondissement à un autre. La figure 3 présente les variations du taux de consommation des terres dans la commune d'Adjarra de 2002 à 2022.

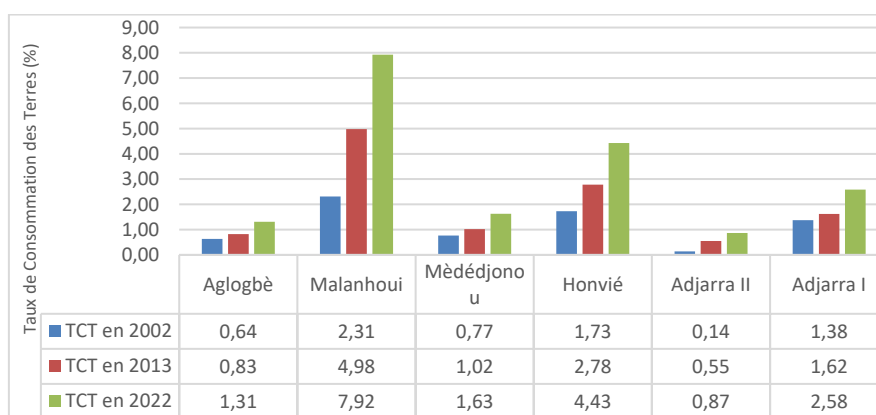


Figure 3 : Variation du Taux de Consommation des Terres dans la commune d'Adjarra de 2002 à 2022. (Source : Résultats des traitements d'image + calculs personnels).

L'analyse de la figure 3 révèle des inégalités en matière de l'utilisation des terres dans la commune d'Adjarra. Même si dans tous les arrondissement le taux de l'utilisation des terres depuis 2002 est en croissance, il n'en demeure pas moins que ce taux soit élevé dans certains arrondissements que d'autres. L'arrondissement de Malanhoui apparait comme celui qui a un taux le plus élevé passant 2,31 % en 2002 à 7,92 % en 2022. Il est suivi de l'arrondissement de Honvié avec un taux de 1,73 % en 2002 est passé à 4,43 en 2022 et ensuite de l'arrondissement d'Adjarra I passant de 1,38 % 2002 à 1,58 % en 2022. Les autres arrondissements que sont Aglogbè, Mèdédjonou et Adjarra II ont enregistré des taux compris entre 0,14 et 1,63 % sur la même période. Ces taux montrent que dans tous les arrondissements de la

commune d'Adjarra, la croissance démographique induit une consommation de plus en plus accrue des terres soumettant ainsi la commune à un processus d'urbanisation variable (figure 4).

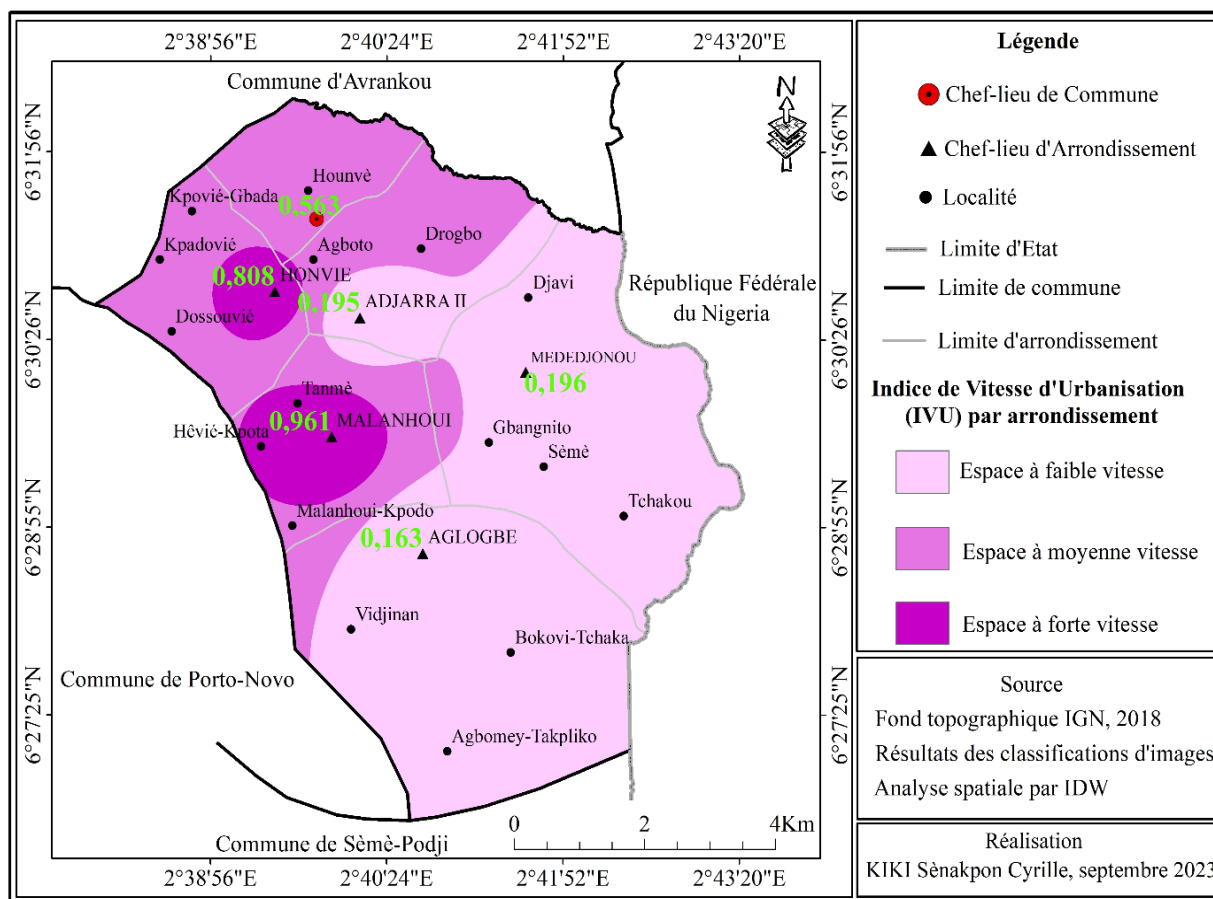


Figure 4 : Variation de l'Indice de la Vitesse d'Urbanisation dans la commune d'Adjarra

L'analyse de la Figure 4 offre un aperçu détaillé de la dynamique périurbaine en cours dans la commune d'Adjarra. Les données présentées montrent que les zones présentant une vitesse d'urbanisation élevée ou moyenne sont principalement situées dans les arrondissements de Malanhoui (IVU = 0,961), Honvié (IVU = 0,808) et Adjarra I (IVU = 0,563). Cette concentration est due à l'expansion démographique de la ville de Porto-Novo, qui, atteignant son stade final d'urbanisation, exerce une pression sur les arrondissements périphériques d'Adjarra, tels que Malanhoui à l'est, ainsi que Honvié et Adjarra I au nord-est. En revanche, les zones où l'indice de vitesse d'urbanisation (IVU) reste faible se trouvent dans les arrondissements d'Aglogbè (IVU = 0,163), Adjarra II (IVU = 0,195) et Médédjonou (IVU = 0,196). Cette faible vitesse d'urbanisation est attribuée à la distance relative de ces zones par rapport aux espaces déjà fortement urbanisés de Porto-Novo. D'un point de vue environnemental, la dynamique d'urbanisation dans la commune d'Adjarra conduit à une artificialisation croissante des espaces naturels, accompagnée d'une intensification des vagues de chaleur.

3.3. Occupation des zones à risque d'inondation

Dans la commune d'Adjarra, l'extension des surfaces bâties accentuée par la croissance démographique et la périurbanisation est parfois incontrôlée et les populations s'installent en construisant sans tenir compte de la topographie du milieu. La conséquence directe de ces actes est que les couloirs de passage des eaux de ruissellement ou leurs zones de stagnation sont occupées par les habitations obstruant ainsi la circulation normale de l'eau avec les cas d'inondation enregistrés dans certaines localités de la commune. La planche 1 montre des zones inondables occupées par les habitations dans la commune d'Adjarra.



Figure 5 : Occupation d'une zone inondable par les habitations à Honvié



Figure 6 : Occupation d'une zone inondable par les habitations à Hounsa

Prise de vues : C. Kiki, septembre 2023

L'observation la planche 1 permet de constater l'occupation des zones à risque d'inondation dans la commune d'Adjarra. Ainsi, sur la Figure 5 on peut observer que les habitations sont construites dans une zone de stagnation des eaux de ruissellement à Honvié. Les ménages interrogés sur place ont reconnu avoir de sérieux problèmes en saison pluvieuse car l'eau rentre même dans certaines maisons et contraint les occupants à se chercher d'autres abris temporaires. *"La grande saison pluvieuse passée, le niveau de l'eau dans ma maison était si inquiétant car aucune de mes chambres n'étaient épargnées. J'ai dû chercher refuge chez un frère mais j'en ai fait les frais parce que pendant ce temps, ma maison a été cambriolée et des objets importants ont été emportés"*, témoigne un occupant de la zone. Sur la Figure 6 la même situation peut être observée avec des indices qui montrent le niveau de l'eau en période d'inondation au quartier Hounsa.

3.4. Etat de l'assainissement dans un contexte de croissance démographique et de périurbanisation

Dans la commune d'Adjarra, la dynamique de la population et la périurbanisation influent sur l'état de l'assainissement du cadre de vie.

3.4.1. Prolifération des dépotoirs sauvages

Le rythme de production dans la commune d'Adjarra est en croissance en lien avec l'évolution démographique et la périurbanisation. Ceci se traduit par la prolifération des dépotoirs sauvages. En effet, avec l'augmentation de la population les déchets solides ménagers sont générés et en absence d'un système efficace de collecte, les populations se créent elles-mêmes des sites qui leurs servent de dépotoirs. La nature des sites choisis par les populations pour le dépôt des ordures ménagères varie en fonction des espaces disponibles dans la zone. Des observations faites sur le terrain, il ressort que deux types d'espace sont généralement utilisés par les populations pour le dépôt des ordures ménagères. Il s'agit des carrés vides et des abords des routes. La planche 2 illustre deux dépotoirs sauvages dans la commune d'Adjarra.



Figure 7 : Dépotoir sauvage au bord d'une route à Hounhouèko



Figure 8 : Dépotoir sauvage sur un terrain inoccupé à Agata

Prise de vues : C. Kiki, septembre 2023

L'analyse des Figures révèle la composition hétérogène des dépotoirs sauvages dans la commune d'Adjarra, lesquels contiennent divers types de déchets, y compris des sachets plastiques, des résidus alimentaires, des couches jetables, et des verreries usagées. La Figure 7 montre un dépotoir sauvage situé le long d'une voie à Hounhouèko, dans l'arrondissement d'Adjarra I. Malgré la présence d'une signalisation interdisant explicitement le dépôt de déchets, ce

site continue de servir de point de déversement pour les résidents locaux. De manière similaire, la Figure 8 illustre un dépotoir situé sur un terrain inoccupé à Agata, dans l'arrondissement de Malanhoui, où les ménages voisins déversent régulièrement leurs ordures.

La proximité de ces dépotoirs sauvages avec les habitations pose des problèmes environnementaux et sanitaires significatifs. En période pluvieuse, ces sites deviennent des gîtes potentiels pour la prolifération des moustiques vecteurs du paludisme. De plus, les mouches qui se nourrissent sur ces déchets peuvent contaminer les aliments mal protégés, augmentant ainsi le risque de maladies d'origine alimentaire.

3.4.2. Gestion des déchets

La gestion des déchets dans la commune d'Adjarra, notamment la pré collecte est assurée par sept (07) ONG agréées par la mairie. Mais malheureusement, le taux d'abonnement des ménages à ces structures est encore très faible. En lieu et place, les populations développent d'autres modes alternatifs pour la gestion des déchets qu'elles produisent (figure 9).

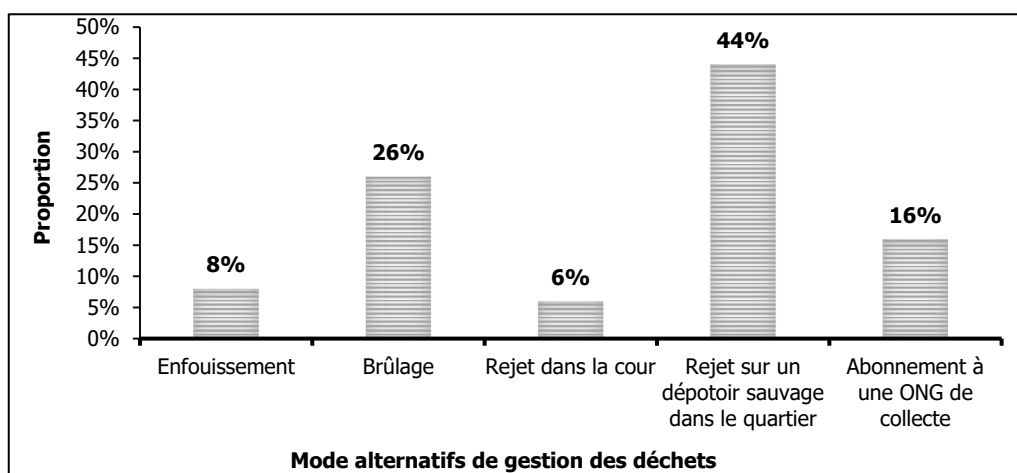


Figure 9 : Mode alternatifs de gestion des déchets par les ménages dans la commune d'Adjarra

L'analyse de la figure 9 révèle que 44 % des ménages enquêtés déposent leurs ordures dans des dépotoirs sauvages de leur quartier, expliquant ainsi la prolifération rapide de ces dépotoirs dans la commune d'Adjarra. En outre, 26 % des ménages brûlent leurs déchets, tandis que 16 % sont abonnés aux services de pré-collecte des ONG. Par ailleurs, 6 % des ménages rejettent leurs déchets dans la cour, une pratique plus courante dans les enclaves familiales. Ces résultats indiquent la nécessité de mettre en place des mesures adéquates pour une gestion efficace des déchets, dont le volume continuera d'augmenter avec la croissance démographique.

3.4.3. Gestion des eaux usées dans les ménages de la commune d'Adjarra

Les gestions usées dans les zones périurbaines de la commune d'Adjarra reste encore une préoccupation à résoudre. Il faut souligner que les ouvrages d'assainissement sont quasi absents dans la commune et chaque ménage gère les eaux usées à sa manière sans tenir compte du voisinage ni de l'environnement. La figure 10 présente le mode d'évacuation des eaux usées par les ménages dans la commune d'Adjarra.

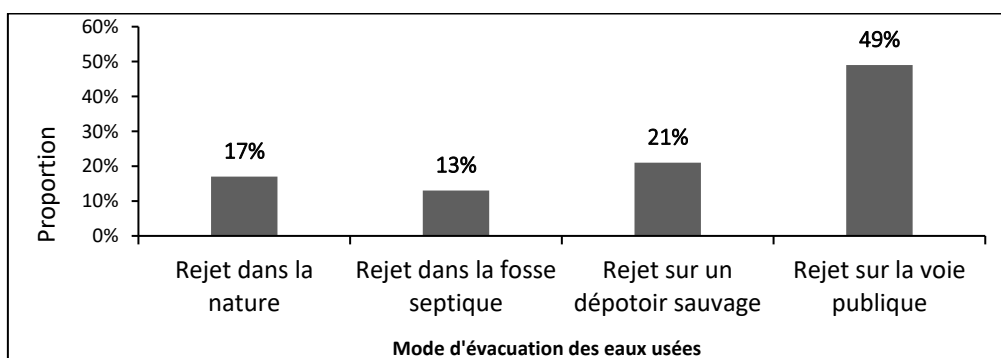


Figure 10 : Mode d'évacuation des eaux usées par les ménages dans la commune d'Adjarra. (Source : Enquête de terrain, septembre 2023).

La figure 10 montre que l'évacuation des eaux usées sur la voie publique est le mode le plus adopté par les ménages (49 %) dans la commune d'Adjarra. Cet acte d'incivisme entraîne parfois une forme de pollution, car certains ménages y versent des résidus alimentaires, salissant ainsi les voies. En revanche, 21 % et 17 % des ménages enquêtés rejettent respectivement les eaux usées dans des dépotoirs sauvages et dans la nature, contribuant ainsi à la prolifération des moustiques, vecteurs du paludisme. Seulement 13 % des ménages évacuent ces eaux dans une fosse septique, ce qui soulève des questions sur les équipements d'assainissement dans les habitations de la commune. La Figure 11 illustre un exemple de rejet d'eau usée sur la voie publique à Hêvié-Kpota.



Figure 11 : Evacuation d'eau usée sur la voie publique à Hêvié-Kpota (arrondissement de Malanhoui). (Prise de vue : C. Kiki, septembre 2023).

La Figure 11 illustre un système d'évacuation des eaux usées à travers une canalisation de tuyau PVC sur la voie publique. Ces eaux usées une fois sur la voie se mélangent avec les feuilles d'arbres mortes, ce qui dégage une odeur nauséabonde. En plus de cela, c'est un gîte larvaire des moustiques qui est créé et alimenté quotidiennement. Il faut donc souligner que la mauvaise gestion des eaux usées dans la commune d'Adjarra constitue aujourd'hui un problème à prendre en compte dans les initiatives de développement communal.

4. DISCUSSION

Les implications environnementales de la croissance démographique et de la périurbanisation dans la commune d'Adjarra se manifestent principalement par une transformation rapide et marquée de l'occupation des terres. Cette transformation est caractérisée par une expansion rapide des surfaces urbanisées, au détriment des terres agricoles, des espaces naturels, et d'autres unités d'occupation du sol. La superficie occupée par les agglomérations est ainsi passée de 692 hectares en 2002 à 4 329 hectares en 2022, témoignant d'une artificialisation croissante de l'espace.

Cette tendance d'expansion urbaine n'est pas unique à Adjarra. Une étude menée par Honvo (2021) [8] dans le sud du Plateau de Sakété a révélé une augmentation similaire de la superficie urbanisée, qui est passée de 7 343,17 hectares en 2002 à 19 471 hectares en 2020. Cette expansion rapide, représentant une progression de 41,29 % sur 18 ans, a également été observée dans d'autres régions du Bénin, comme le bassin de la Beffa, où Gbaï (2015) [9] a documenté une régression des formations naturelles entre 2000 et 2010, parallèlement à une augmentation des formations anthropiques telles que les champs et jachères.

Des dynamiques comparables ont été observées à l'échelle régionale. Par exemple, à Keur Massar, au Sénégal, Diop (2020) [10] a rapporté que l'agglomération a doublé sa superficie entre 2003 et 2018, passant de 28,76 % à 58,27 % de la superficie totale de la ville, reflétant un développement urbain rapide au détriment des terres agricoles et des zones naturelles.

Les conséquences de cette expansion rapide vont au-delà de la simple transformation du paysage. Elles ont des répercussions socio-économiques importantes, notamment en matière de gestion des déchets. Dans la commune d'Adjarra, la croissance démographique et la périurbanisation ont exacerbé la gestion des déchets, avec l'émergence de centaines de dépotoirs sauvages en l'absence de politiques d'assainissement efficaces. Environ 26 % des ménages brûlent leurs déchets, tandis que 16 % ont recours aux services d'ONG de pré-collecte. Par ailleurs, 6 % des ménages rejettent leurs déchets directement dans leur cour, exacerbant ainsi les problèmes de santé publique et de dégradation

de l'environnement. À Cotonou, par Glele (2012) [4] a observé une situation similaire, où l'absence de sites de regroupement pour les déchets solides dans les quartiers densément peuplés a conduit à l'accumulation de déchets le long des routes.

Cette problématique n'est pas unique au Bénin. À Atakpamé, au Togo, par Eyanah (2020) [12] a montré que l'augmentation des déchets est directement liée à la croissance démographique. Les déchets y sont souvent éliminés de manière non réglementée, ce qui entraîne une dégradation accrue des écosystèmes locaux, notamment par la pollution des cours d'eau et des zones marécageuses.

Pour faire face à ces défis, il est impératif de mettre en place des stratégies de gestion durable de l'urbanisation. Ces stratégies pourraient inclure la planification urbaine intégrée, qui prend en compte la préservation des espaces naturels, l'amélioration des infrastructures de gestion des déchets, et l'implication des communautés locales dans la mise en œuvre de solutions adaptées. Par ailleurs, l'adoption de technologies innovantes pour le traitement des déchets, comme le compostage et le recyclage, pourrait contribuer à atténuer les impacts environnementaux négatifs.

En comparant la situation d'Adjarra à d'autres régions d'Afrique subsaharienne, il apparaît que les défis liés à l'urbanisation rapide sont généralisés et nécessitent une approche coordonnée entre les autorités locales, les chercheurs, et les organisations internationales pour élaborer des solutions durables. Ces efforts devraient être soutenus par des politiques nationales cohérentes et des investissements dans les infrastructures urbaines, afin de garantir un développement urbain équilibré et respectueux de l'environnement.

5. CONCLUSION

Les implications environnementales de la croissance démographique et de la périurbanisation dans la commune d'Adjarra se manifestent sous plusieurs aspects. Ces deux phénomènes induisent une dynamique spatiale marquée essentiellement par l'extension des surfaces bâties au détriment des espaces naturels. En effet, entre 2002 et 2022, la superficie des agglomérations est passée de 692 ha en 4 329 ha, soit une augmentation de 3 637 ha en 20 ans. Cette tendance observée au niveau de l'occupation du sol induit une consommation des terres dont le taux en nette progression varie d'un arrondissement à un autre. Ainsi, le taux de consommation des terres le plus élevé est enregistré dans l'arrondissement de Malanhoui qui est passé de 2,31 % en 2002 à 7,92 % en 2022. Il est suivi de l'arrondissement de Honvié dont le taux de consommation des terres est passé de 1,73 % en 2002 à 4,43 en 2022. Cette consommation des terres dans la commune d'Adjarra est étroitement liée à la dynamique de la vitesse de l'urbanisation dans la commune. Les résultats de cette recherche ont révélé que les arrondissements dont les taux de consommation des terres sont élevés connaissent également une forte vitesse d'urbanisation. Par ailleurs, la pression foncière conduit les populations à s'installer dans les zones inondables avec des cas d'inondation des habitations enregistrés chaque année. De même, la gestion des déchets apparaît comme une préoccupation environnementale dans un contexte de croissance démographique et de périurbanisation dans la commune d'Adjarra. On note ainsi un nombre important de dépotoirs sauvages qui se multiplient à un rythme accéléré. Malgré l'existence des structures de pré collecte des ordures ménagères, 46 % des ménages enquêtés continuent d'employer les dépotoirs sauvages pour y déverser leurs ordures. Seulement 16 % des ménages enquêtés se sont abonnés aux structures de pré collecte. Au regard de ces différentes situations, il urge que des mesures soient prises par les acteurs concernés afin de garantir une durabilité environnementale dans la commune d'Adjarra dans la vision d'offrir un cadre de vie sain à une population en pleine croissance.

6. REFERENCES

1. Sylla D. Cartographie des acquisitions foncières à la périphérie de la métropole Abidjanaise. *BSGLg*. 2021;77:33-43. Disponible sur : <https://popups.uliege.be/0770-7576/index.php?id6467&file=1>
2. Oladokoun W. Dynamique foncière et enjeux socio-économiques en milieu périurbain d'Atakpamé au Togo. *Ann Univ M NGOUABI*. 2012;12-13(1):31-54.
3. Téwéché A. Périurbanisation et dégradation des ressources ligneuses dans les Monts Mandara (Cameroun). In: Territoires périurbains : Développement, enjeux et perspectives dans les pays du Sud. Gembloux: *Les Presses Agronomiques de Gembloux*; 2015. p. 95-105.
4. Glele GA. La périurbanisation et les dynamiques foncières sur le plateau d'Allada (Sud-Bénin) : l'espace témoin de la commune d'Abomey Calavi. Thèse de doctorat unique pour l'obtention du grade de Docteur en Géographie et Gestion de l'Environnement. Université d'Abomey-Calavi; 2012. 453 p.
5. Houede KRG. Dynamique urbaine et problèmes d'aménagement dans la commune d'Adjarra. Mémoire de licence en Géographie. Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Université d'Abomey-Calavi; 2018. 80 p.
6. Vigninou T. La périurbanisation de Porto-Novo : dynamiques et impacts environnementaux. Thèse de Doctorat unique de Géographie. Ecole Doctorale Pluridisciplinaire, Université d'Abomey-Calavi; 2010. 371 p.
7. Adegbinni A. Les terres sacrées, nouveaux fronts d'urbanisation au Bénin. *Les Cahiers d'Outre-Mer*. 2018;278:353-72. Disponible sur : <https://jourajournal.open.org/com/pdf/9347>
8. Honvo ZSA. Mutations socio-spatiales, territorialités et enjeux économiques au Sud du Plateau de Sakété (Bénin). Thèse de doctorat, Géographie et Gestion de l'Environnement. EDP-ECD/UAC; 2021. 328 p.
9. Gbaï I. Impacts des systèmes d'exploitation des ressources naturelles sur les écosystèmes dans le bassin de la Beffa au Bénin, Afrique de l'Ouest. Thèse de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi UAC/EDP; 2015. 316 p.
10. Diop OMA D. Dynamique spatiale et restructuration du noyau traditionnel de la commune de Keur Massar, Dakar, Sénégal. Mémoire de DESS, AFRIGIST; 2020. 71 p.

11. Eyanah A. Croissance urbaine et gestion des déchets solides et des excréta, un défi pour la ville d'Atakpamé au Togo. Dalogéo. 2020. Disponible sur : <https://revuegeo-univdaloa.net/index.php/fr/publication/croissance-urbaine-et-gestion-des-dechets-solides-et-excretas-un-defi-pour-la-ville>



How to cite this article: DOSSOU-YOVO Coffi Adrien, KIKI Sènakpon Cyrille, HOUINSOU T. Auguste et VIGNINO Toussaint. Analyse des Impacts Environnementaux de la Croissance Démographique et de la Périurbanisation dans la Commune d'Adjarra. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2024; 19(2): 18-28. Doi: 10.5281/zenodo.13342526

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/>

IMPACT DE L'URBANISME EVENEMENTIEL SUR L'ACCES AU LOGEMENT : ÉTUDE DE LA FETE NATIONALE TOURNANTE AU BURKINA FASO (1995 A 2023)

IMPACT OF EVENT-DRIVEN URBAN PLANNING ON ACCESS TO HOUSING: A STUDY OF THE ROTATING NATIONAL HOLIDAY IN BURKINA FASO (1995 TO 2023)



| Maxime SAWADOGO ^{1*} | Sompougobnoma Euloges KABORÉ ¹ | et | Yélézoumin Stéphane Corentin SOME ¹ |

¹. Université Norbert ZONGO | Département de Géographie | Laboratoire de recherche en Sciences Humaines (LABOSH) | Koudougou | Burkina Faso |

| DOI: 10.5281/zenodo.1335154 | Received July 15, 2023 | Accepted August 17, 2023 | Published August 21, 2024 | ID Article | Sawadogo-Ref07-2-19ajiras150824 |

RESUME

Contexte : Chaque 11 décembre, le Burkina Faso commémore son accession à l'indépendance. Depuis 2007, cette célébration est organisée de manière tournante dans l'un des chefs-lieux des treize (13) régions du pays, au lieu de la capitale. Cette commémoration constitue une opportunité pour les localités hôtes de bénéficier d'investissements divers : construction et aménagement de voiries urbaines, infrastructures sportives, salles polyvalentes, cités des forces vives, entre autres. Ainsi, l'État injecte annuellement des dizaines de milliards en investissements dans ces localités. **Objectif** : Cette étude vise à analyser la contribution de cette politique d'« urbanisme événementiel » à l'accès au logement et au foncier dans deux villes moyennes ayant accueilli l'événement : Koudougou en 2012 et Tenkodogo en 2019. **Méthodes** : La méthodologie de recherche a combiné des entretiens de terrain, des observations directes, des analyses documentaires et le traitement d'images satellitaires. **Résultats** : L'organisation du 11 Décembre se caractérise par l'aménagement de parcelles viabilisées au sein des « cités des forces vives » et la construction de logements sociaux dans les villes hôtes. Cependant, ces réalisations ne constituent pas une offre adaptée à tous les citoyens, ce qui se traduit par une faible occupation des logements construits et l'émergence de conflits. Par ailleurs, l'accès au logement et le développement des quartiers informels demeurent des problématiques prégnantes pour ces villes. **Conclusion** : Les investissements réalisés à l'occasion des festivités du 11 Décembre pour faciliter l'accès au logement s'avèrent insuffisants pour répondre aux besoins diversifiés des citoyens des villes moyennes hôtes. Les défis en matière d'accès au logement et de développement urbain restent persistants, soulignant la nécessité d'une approche plus inclusive et durable de l'urbanisme événementiel.

Mots-clés : Burkina Faso, événement urbain festif, villes moyennes, foncier, logement.

ABSTRACT

Context: Every December 11th, Burkina Faso commemorates its independence. Since 2007, this celebration has been organized on a rotating basis in one of the capitals of the country's thirteen (13) regions, rather than in the national capital. This commemoration provides an opportunity for the host localities to benefit from various investments: construction and development of urban roads, sports infrastructure, multipurpose halls, "Cités des Forces Vives" (Cities of Active Forces), among others. Thus, the state annually injects tens of billions in investments into these localities. **Objective**: This study aims to analyze the contribution of this policy of "event-driven urbanism" to housing and land access in two medium-sized cities that hosted the event: Koudougou in 2012 and Tenkodogo in 2019. **Methods**: The research methodology combined field interviews, direct observations, documentary analysis, and the processing of satellite images. Results: The organization of the December 11th festivities is characterized by the development of serviced plots within the "Cités des Forces Vives" and the construction of social housing in the host cities. However, these developments do not offer suitable housing for all city dwellers, resulting in low occupancy of the constructed homes and the emergence of conflicts. Additionally, access to housing and the development of informal neighborhoods remain pressing issues for these cities. **Conclusion**: The investments made during the December 11th celebrations to facilitate housing access prove insufficient to meet the diverse needs of city dwellers in the host medium-sized cities. The challenges related to housing access and urban development persist, highlighting the need for a more inclusive and sustainable approach to event-driven urbanism.

Keywords : Burkina Faso, festive urban event, medium-sized towns, land, housing.

1. INTRODUCTION

Le processus d'urbanisation en Afrique a connu un rythme soutenu depuis plusieurs décennies. Dans les années 1960, en Afrique, environ 15 habitants sur 1000 résidaient dans une ville [1]. Ce taux a dépassé les 50 % en 2023, selon les dernières données de la révision d'Africapolis 2023, et devrait être le plus rapide au monde d'ici 2050. Cette croissance se manifeste en grande partie dans les petites et moyennes agglomérations [2], alors que la dynamique des investissements urbains actuels se concentre principalement dans les villes-métropoles. Ces villes, dites « primatiales » [3], dominent la structure urbaine de la plupart des pays d'Afrique subsaharienne. Elles concentrent les ministères, les administrations centrales, les sièges sociaux des banques, des grandes entreprises, et cette centralisation continue de s'intensifier. Il en résulte une macrocéphalie urbaine, source de déséquilibres dans la structure urbaine de ces pays, avec pour corollaire un certain nombre de problématiques liées à la taille même de ces villes primatiales. Dans le contexte actuel d'intensification de

l'urbanisation et des politiques de décentralisation, il est nécessaire de dépasser cette concentration pour accorder une attention particulière aux villes qui, derrière les métropoles dominantes, structurent les armatures urbaines nationales [4]. Leur étude permet d'envisager des modes alternatifs d'urbanisation en Afrique et de saisir des dynamiques spécifiques.

Au Burkina Faso, les villes moyennes, au nombre de onze (11), comprennent l'ensemble des capitales régionales à l'exception des villes métropoles de Ouagadougou et Bobo-Dioulasso. Elles assurent d'office des fonctions administratives et économiques et concentrent une population importante. De ce fait, les problématiques foncières et de logement y sont particulièrement prégnantes, alors que la quasi-totalité de ces villes moyennes présente des niveaux d'aménagement contrastés. L'une des solutions envisagées pour y remédier est la réalisation d'investissements massifs dans le domaine du logement et de l'aménagement foncier à travers un événement majeur : l'organisation tournante de la fête de l'indépendance, le 11 décembre de chaque année. Lancées en 2007, ces festivités ont permis d'engager les investissements ponctuels les plus importants jamais réalisés dans ces villes moyennes pour leur développement. Ziniaré, dernière ville bénéficiaire, doit boucler le cycle des onze (11) villes moyennes. C'est dans ce contexte que la présente étude a été initiée afin d'évaluer la contribution de cette politique à l'accès au logement et au foncier dans les villes moyennes hôtes de Koudougou et de Tenkodogo, respectivement chefs-lieux des régions du Centre-Ouest et du Centre-Est du Burkina Faso.

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 Sites d'étude

Cette étude comparative a été menée dans deux villes moyennes du Burkina Faso : Koudougou et Tenkodogo. Koudougou, capitale de la Région du Centre-Ouest et chef-lieu de la province du Boulkiemdé, est située à 100 km à l'ouest de Ouagadougou (2,37° de longitude ouest, 12,25° de latitude nord). La ville s'étend sur environ 160 km² et est divisée en dix secteurs urbains. Selon l'Institut National de la Statistique et de la Démographie (INSD), en 2019, Koudougou comptait 160 239 habitants dans sa zone urbaine et 56 591 dans ses villages rattachés, totalisant 216 830 habitants. La ville bénéficie d'un climat soudano-sahélien avec une pluviométrie annuelle moyenne de 800 mm.

Tenkodogo, chef-lieu de la région du Centre-Est, est située à environ 188 km au sud-est de Ouagadougou (0,38° de longitude ouest, 11,78° de latitude nord). La ville couvre une superficie de 125 km² et est divisée en sept secteurs urbains. En 2019, sa population était estimée à 148 943 habitants. Tenkodogo jouit d'un climat soudanien avec une pluviométrie annuelle moyenne de 900 mm.

Ces villes ont été sélectionnées selon les critères suivants :

1. Statut de ville moyenne (population entre 100 000 et 300 000 habitants).
2. Expérience récente en tant qu'hôte de la célébration tournante de la fête nationale du 11 décembre (Koudougou en 2012, Tenkodogo en 2019).
3. Représentativité géographique (Koudougou à l'ouest, Tenkodogo à l'est).

2.2 Justification du choix des villes étudiées

L'ensemble des villes moyennes selon l'armature urbaine du Burkina Faso ont accueilli les investissements du 11 décembre. Le choix porté sur Koudougou et Tenkodogo a été effectué suivant des critères spécifiques :

- La trajectoire historique : ville du premier président du pays, Koudougou, connu son heure de gloire puis fut progressivement marginalisée lorsqu'il fut écarté du pouvoir. Elle est devenue par la suite symbolique des protestations sociales, ce qui lui avait valu le surnom de « Benghazi » ou ville « rebelle » [8] en référence à ce bastion rebelle lors de la crise libyenne. Tenkodogo a une trajectoire historique moins imbibée de manifestations d'opposition frontale au pouvoir central. Cette différence permet de saisir comment l'incidence des dynamiques politiques ou de pouvoir à travers deux trajectoires historiques différentes peuvent influencer la mise en œuvre d'une politique d'urbanisme événementielle au service du développement urbain.

- La localisation et le positionnement dans les dynamiques régionales voire nationales : la ville de Koudougou est située à 100 km de Ouagadougou et facilement accessible, dans une région frontalière de celle de la capitale Ouagadougou. Par contre, la ville de Tenkodogo est quasiment à 190 kilomètres de Ouagadougou et il existe une région intermédiaire entre celle dont elle relève et celle dont est issue la capitale Ouagadougou. Les relations que ces deux villes entretiennent entre le fonctionnement rural et la ville métropole de Ouagadougou sont donc différentes.

- La structuration économique : Tenkodogo est située sur la route nationale qui mène au Togo, une des plus grandes voies du Burkina Faso pour ne pas dire la plus importante en termes de quantité de fret (RN16). Koudougou par contre ne se situe sur une route nationale à fort fret routier. Cependant, Koudougou jouit depuis longtemps de l'installation d'industries d'établissements universitaires par rapport à Tenkodogo. Ces différences déterminent des réalités économiques aux influences urbaines différentes.

- L'accessibilité : malgré les défis sécuritaires, ce sont des villes considérées comme sûres facilitant la mise en œuvre des investigations de terrain.

- Les périodes d'organisation des festivités : la ville de Koudougou a accueilli les festivités en 2012 alors que c'est en 2019 que Tenkodogo a organisé les tiennes. Chaque période correspond à un régime politique différent et une gouvernance différente à la tête de ces villes. En 2012, les villes étaient dirigées par des élus locaux avec à leurs têtes, un maire et un conseil municipal. Les événements politiques survenus en 2014 ont profondément affecté le paysage politique de la gouvernance avec des reconfigurations politiques notables. Cette donne affecte également la configuration de l'organisation des festivités du 11 décembre.

2.3 Présentation des zones d'étude

La ville de Koudougou est la capitale de la Région du Centre-Ouest et le chef-lieu de la province du Boulkiemdé. Elle est située à 100 km à l'Ouest de Ouagadougou dans le plateau mossi et à 282 km de Bobo-Dioulasso. Le site de la ville correspond aux coordonnées géographiques 2,37° de longitude ouest et 12,25° de latitude nord. En dehors du chemin de fer qui traverse la ville, une route bitumée de 33 km relie l'agglomération aux deux plus grandes villes du pays. A ces deux principales voies, il importe d'ajouter d'autres axes tels que les routes nationales N°13 (en direction de Yako), N°14 (en direction de Dédougou) et N°21 (en direction des villes de Réo, Toma et Tougan). Avec une superficie d'environ 160 km², selon le schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme (SDAU) [5], Koudougou est administrativement subdivisé en dix (10) secteurs. La population de la commune de Koudougou est de 160 239 habitants en 2019 selon l'Institut National de la Statistique et de la Démographie (INSD). Deux types de population coexistent sur le territoire communal : une population urbaine, habitant les dix (10) secteurs de la commune (Koudougou centre) qui compte 160 239 habitants et une population rurale qui habite les quinze (15) villages rattachés avec 56 591 habitants.

De la synthèse de l'évolution du tissu urbain et des opérations d'aménagement, il ressort que la commune disposait en 2012 de 41 334 parcelles pour une surface lotie de 5 165 ha et environ 2 294 ha étaient en cours de lotissement pour environ 19 222 parcelles à dégager. De l'estimation des besoins en surfaces loties suivant la logique d'une parcelle pour un ménage, il ressort qu'avant 2025, il ne doit pas y avoir de besoin d'extension de lotissement à Koudougou. Le nombre de parcelles estimé à 41 334 déjà dégagées effectivement et implantées après le cumul de toutes les opérations de lotissement en 2012, est largement suffisant et dépasse même le nombre de ménage de la ville jusqu'en 2025.

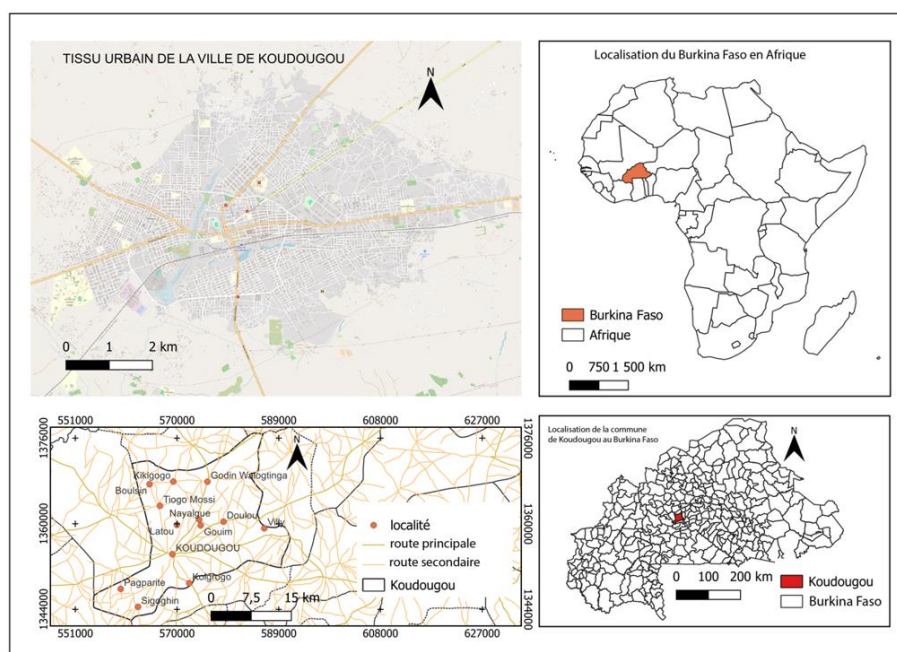


Figure 1 : Localisation de la ville de Koudougou.

La commune de Tenkodogo quant à elle, est localisée dans la partie nord de la province du Boulgou, dans la région du Centre-Est au Burkina Faso. Elle est située à environ 185 km de Ouagadougou la capitale, à 105 km au nord de la frontière du Togo et à 80 km de la frontalière du Ghana. Aujourd'hui chef-lieu de la province du Boulgou et de la région du Centre Est, Tenkodogo a été érigée en commune en 1973 et fait chef-lieu de département en 1974.

La commune s'étend sur une superficie de 1147 km². Elle est limitée à l'Est par les communes de Bissiga et de Lalgaye, à l'Ouest par celle de Garango, au Sud par celles de Bagré et de Bané et au Nord par celles de Dialgaye et de Tensobtenga. Elle occupe de ce fait une position géostratégique qui favorise les échanges avec le Togo et le Ghana, du fait de son statut

et de sa localisation. La commune est traversée par deux principales routes que sont la route nationale N°16 de direction Nord -Sud et la route nationale N°17 de direction Ouest-Est. La route nationale N°16 draine un important trafic car, elle conduit à la frontière entre le Burkina Faso et le Togo.

La population de la commune de Tenkodogo est passée de 77 148 habitants au recensement général de la population (RGP) de 1985 à 100 639 habitants au recensement général de la population et de l'habitat (RGPH) de 1996, puis à 124 985 au RGPH de 2006. Elle a augmenté, entre 1985 et 2006, au taux annuel moyen de 2,32%. Sur la même période, la population du centre urbain de Tenkodogo a augmenté à un taux annuel moyen de 3,12% et la périphérie rurale, à un taux annuel moyen de 1,94%. En somme, la population du centre urbain augmente à un rythme plus accéléré alors que celle rurale augmente à un rythme moindre. Cette population urbaine est passée de 44 491 habitants en 2006 à 60 936 habitants en 2019. Le centre urbain connaît une densité moyenne qui est passé de 1057,55 hbts/km² en 2006 à 1472,21 hbts/km² en 2019. En 2019, la population communale est passée à 159 105 habitants.

La ville de Tenkodogo a connu sa plus forte expansion entre 1999 et 2010, avec plus de la moitié de l'espace aménagé depuis 1956. Autrement dit, plus de 52,2% de l'aire de la ville a été loti en une décennie contre 47,8% en 40 ans. Cette expansion spatiale exponentielle ne reflète guère le besoin réel en logement. Dans l'ensemble, les différents lotissements n'ont été que de simples découpages parcellaires sans viabilisation des trames créées. Il y a même des zones inondables qui ont été transformées en parcelles d'habitation sans viabilisation préalable. Comme bilan, on peut souligner que les différentes opérations de lotissement ont permis de dégager près de 11 587 parcelles dans la ville de Tenkodogo. Ces parcelles occupent une superficie de 1 532 ha soit 24,47 % du périmètre du SDAU en 2012 [6]. En 2017, la zone lotie à occupation régulière occupe 35% de la zone d'habitation de la ville. La zone lotie à occupation irrégulière couvre plus de 65% de la zone d'habitation. La zone d'habitat spontanée jouxte les deux routes nationales (16 et 17) et occupe actuellement une très faible superficie (environ 10% de la zone d'habitation). Le taux de mise en valeur des parcelles de la ville est faible (37% selon le plan communal de développement (PCD) de 2017) avec des disparités selon les secteurs [7].

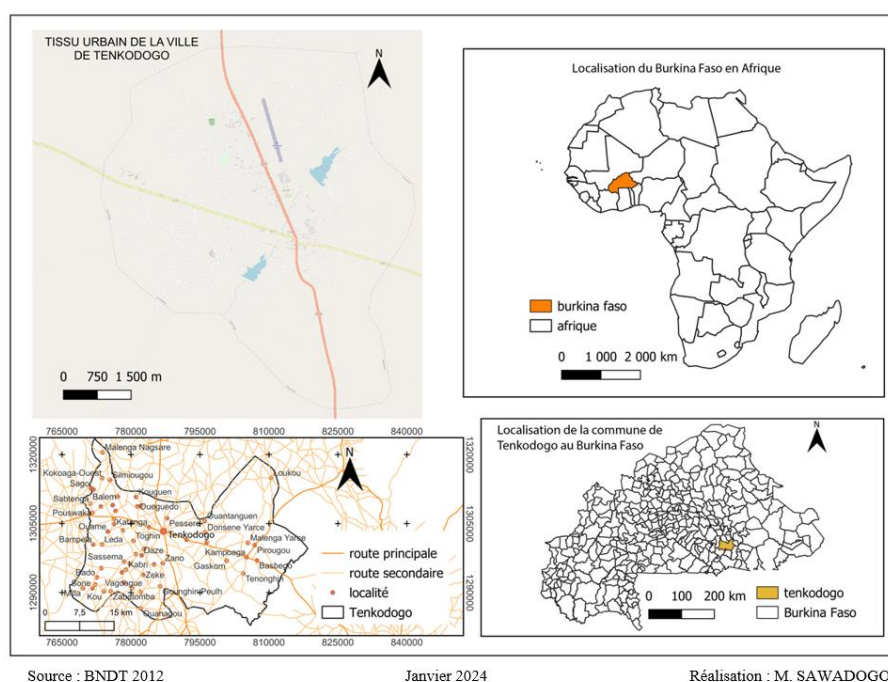


Figure 2 : localisation de la ville de Tenkodogo.

2.4 Collecte de données

La collecte de données s'est déroulée sur une période de six mois, de janvier à juin 2023, utilisant une approche mixte :

- Revue de littérature : Une analyse systématique de 50 publications académiques, 20 rapports gouvernementaux et 10 documents de planification urbaine (SDAU, PCD) a été effectuée. Les bases de données consultées incluent Scopus, Web of Science et les archives nationales du Burkina Faso.
- Entretiens semi-structurés : 80 entretiens au total ont été menés, 40 dans chaque ville, répartis comme suit :

- 15 avec des responsables municipaux et des urbanistes,
- 15 avec des résidents locaux (sélectionnés par échantillonnage aléatoire stratifié par secteur),
- 10 avec des acteurs du secteur immobilier (promoteurs, agents immobiliers).

Les entretiens, d'une durée moyenne de 60 minutes (écart-type : 15 minutes), ont été menés en français ou en mooré selon la préférence du participant. Ils ont été enregistrés numériquement avec un enregistreur Zoom H4n Pro et transcrits verbatim pour analyse.

c) Observations de terrain : Des visites systématiques des secteurs de chaque ville ont été effectuées, totalisant 100 heures d'observation (50 heures par ville). Une grille d'observation standardisée a été utilisée, notant :

- Caractéristiques du bâti (matériaux, hauteur, densité),
- État des infrastructures (routes, électricité, eau),
- Dynamiques d'occupation de l'espace (formelle vs informelle),
- Présence et état des équipements liés au 11 décembre.

d) Analyse documentaire : Les documents suivants ont été analysés en détail :

- 10 rapports du comité national d'organisation de la fête du 11 décembre (2010-2020),
- 15 documents des directions régionales de l'urbanisme et de l'habitat,
- L'étude d'évaluation du CAPES (2021) sur l'impact de la célébration tournante,
- 5 années de budgets municipaux (2015-2020) pour chaque ville.

e) Collecte de données géospatiales : Des images satellitaires Landsat (résolution 30m) et Sentinel-2 (résolution 10m) ont été acquises pour les périodes 1995, 2005, 2015 et 2023, couvrant les deux villes et leurs périphéries dans un rayon de 10 km.

2.5 Traitement et analyse des données

L'analyse des données a suivi un processus en trois étapes :

1. Analyse qualitative :

- Les transcriptions d'entretiens et les notes d'observation ont été codées et analysées thématiquement à l'aide du logiciel Iramuteq (version 0.7 alpha 2).
- Une analyse de contenu a été réalisée sur les documents collectés, utilisant une grille de codage préétablie et validée par deux chercheurs indépendants.

2. Analyse quantitative :

- Les données démographiques et urbaines ont été traitées avec Excel (version 2019) pour générer des statistiques descriptives.

3. Analyse spatiale :

- Les données géographiques ont été traitées avec QGIS (version 3.16) et Google Earth Pro.
- Une analyse diachronique de l'évolution urbaine a été réalisée en utilisant la méthode de classification supervisée des images satellitaires.
- Des cartes thématiques illustrant l'évolution urbaine et la distribution des investissements liés au 11 décembre ont été produites.

La période d'étude s'étend de 1995 à 2023, englobant trois recensements nationaux (RGPH 1996, 2006, 2019), permettant une analyse longitudinale des dynamiques urbaines et d'accès au logement.

2.6 Considérations éthiques

Cette étude a reçu l'approbation du comité d'éthique de l'Université de Ouagadougou (référence : CEUO-2023-01) le 15 décembre 2022. Tous les participants ont fourni un consentement éclairé écrit avant les entretiens. Les données ont été anonymisées pour protéger la confidentialité des participants. Les enregistrements audio et les transcriptions sont conservés sur un serveur sécurisé avec accès limité aux chercheurs principaux.

3. RESULTATS

3.1 Les cités des forces vives

La construction de la cité des forces vives est une solution que le gouvernement a envisagée pour résoudre les difficultés d'infrastructures de logement lors des célébrations de la fête nationale. A Koudougou, les propriétaires terriens ont accepté de dégager une grande partie de leurs champs, soit 46 hectares pour la construction de cette cité. En contrepartie, ils ont eu droit à des parcelles de 300 m² sur un autre site. La commission d'attribution des parcelles est dirigée par le gouverneur de la région. Pour réglementer l'aménagement, un cahier de charges de la cité des forces vives est élaboré. Le lancement officiel de la construction des villas du 11 Décembre a eu lieu en juin 2012. Selon l'étude d'évaluation du CAPES, 397 parcelles ont été attribuées dans la cité des forces vives. Avant les festivités, le niveau d'aménagement et de viabilisation de la cité était de 100%, environ 110 villas ont pu être achevées et équipées sur 360 attendues au départ. En 2013, selon

les entretiens avec le directeur régional de l'Habitat et de l'Urbanisme du Centre-ouest, environ 190 villas étaient en cours d'achèvement et 60 chantiers en souffrance, soit moins de 5% du niveau d'exécution. Suite à cela, une instruction a été donnée à la commission, d'entamer les procédures en vue du retrait des parcelles en souffrance. En effet, conformément à l'article 60 du cahier de charges, l'attributaire de parcelle perd son droit de propriété sur la parcelle, si le niveau de mise en valeur constaté à l'évaluation d'étape est jugé insatisfaisant. Toutefois, l'attributaire peut garder sa parcelle dans un délai de 2 mois suivant la notification d'arrêt des travaux par le gouverneur s'il s'acquitte de la taxe de jouissance et des frais de viabilisation. En 2022, 331 logements sont réalisés totalement.

Pour la réalisation des logements, des plans de construction ont été imposés à cette cité en fonction de la position géographique qu'occupaient les différentes parcelles. Ainsi, les parcelles situées en face de la voirie principale (l'axe principale) ont été construites en hauteur. On constate que la plupart des logements situés en face de la nationale sont de type R+2 avec des plans différents d'une maison à une autre. Par contre, les autres parcelles ont fait l'objet d'un plan de type minimum F3.



Figure 3 : Vue de la cité des forces vives de Koudougou avec des logements construits et inhabités (Cliché : SAWADOGO M., janvier 2024).

Concernant la cité des forces vives de Tenkodogo, sur une prévision initiale de 900 parcelles de la part la mairie, 750 parcelles ont été attribuées selon les entretiens avec le directeur régional de l'urbanisme et de l'habitat. A la veille des festivités, environ 350 bâtiments F2, F3 et F4 étaient achevés. En 2023, les entretiens avec la mairie révèlent qu'environ 650 bâtiments sont entièrement construits et près de 50 autres sont en cours de chantier. L'accès aux parcelles de la cité des forces vives est conditionné par le paiement d'une taxe (inscription de 35 000 FCFA) et d'une caution, donnant droit à une parcelle et en fonction de la position géographique de celle-ci par rapport à un axe principale, un modèle de bâtiment est imposé. La mise en valeur est imposée au nouveau propriétaire de la parcelle avant les festivités. En effet, les logements construits sont mis à la disposition des invités participants à la fête d'indépendance. Une fois la construction achevée, les propriétaires sont sous l'obligation de remettre les clés du logement pour l'hébergement des invités participants à la fête. Ils devenaient propriétaires exclusifs après le 11 décembre avec la remise des clés. Un exemple de cahier de charges applicable à la cité des forces vives est joint en annexe (Tenkodogo).



Figure 4 : Vue d'une rue dans la cité des forces vives de Tenkodogo avec des logements de haut standing en cours de construction (Cliché : SAWADOGO M., janvier 2024).

3.2 Construction de logements sociaux et économiques

Dans le cadre des 11 Décembre, deux catégories de logements sont construites dans les régions concernées. Il s'agit des logements construits par les « forces vives » de la région concernée sur des terrains aménagés par l'Etat. Pour ce qui

concerne ces logements, ils sont utilisés pendant la commémoration du 11 Décembre pour loger les différents festivaliers. A la fin de la fête, ces logements sont remis à leurs propriétaires qui en font l'usage qui leur convient (habitation, location, etc.). Il y'a d'autre part, les logements réalisés par des promoteurs immobiliers privés pour le compte du Programme National de Construction de Logements (PNCL). Ce programme est mis en œuvre par le Centre de gestion des Cités (CEGECI). Il s'agit d'une société d'Etat de promotion immobilière dotée de la personnalité morale et de l'autonomie financière.

Dans la ville de Tenkodogo, 103 logements de deux types ont été construits et vendus :

- 90 logements F3 sociaux sur des parcelles de 300 m², comprenant 02 chambres, 01 salon, 01 cuisine interne, 01 toilette interne ;
- 13 logements F4 économiques sur les parcelles en pan coupé, de superficie variable mais supérieure à 300 m², comprenant 03 chambres, 01 salon, 01 cuisine interne, 02 toilettes dont une intégrée à la chambre principale.

Il faut préciser que les villes de Koupéla et Ouargaye ont accueilli chacune la construction de 25 logements sociaux et économiques.

Les coûts moyens de cession au client des logements sont les suivants :

- Logement F3 social : 7 500 000 F CFA ;
- Logement F4 économique : 16 000 000 F CFA.

Pour l'acquisition des logements, une campagne de souscription est lancée sur une durée d'un mois environ. Un tirage au sort est effectué à l'issue de la phase de dépôt des dossiers de souscriptions. Ce tirage est fait par type de logement et concerne non seulement l'identité de l'attributaire, mais aussi, les références parcellaires de son logement, et ce pour faciliter l'établissement des certificats d'attribution de logements.

Pour être bénéficiaire d'un logement social de type F3, il faut remplir les conditions suivantes :

- Être inscrit au programme 40 000 logements et avoir au moins 21 ans ;
- Avoir des revenus réguliers mensuels compris entre 30 684 F CFA et 245 472 F CFA ;
- N'être pas propriétaire d'un logement décent dans la ville ;
- S'acquitter de l'apport personnel d'au moins 10% du coût de cession du logement ;
- Justifier de l'intention de financement d'une banque ou d'un établissement financier pour le paiement du reliquat du logement dans un délai de six (06) mois en cas de crédit acquéreur.

Pour l'accès au logement économique, les conditions suivantes sont demandées :

- Être inscrit au programme 40 000 logements ;
- Avoir au moins 21 ans ;
- Avoir des revenus réguliers mensuels supérieurs ou égaux à 245 472 F CFA ;
- N'être pas propriétaire d'un logement décent dans la localité sollicitée (engagement sur l'honneur) ;
- S'acquitter d'un apport personnel d'au moins 30% du coût de cession du logement ;
- Disposer d'une attestation de capacité financière délivrée par une banque ou un établissement financier pour le paiement du reliquat du logement dans un délai de six (06) mois en cas de crédit acquéreur.

Il sera établi au profit de chaque bénéficiaire, un certificat d'attribution provisoire de logement. Les documents définitifs ne sont remis au bénéficiaire qu'après le paiement intégral du coût du logement.

Pour la ville de Koudougou, il n'y a pas eu de construction de logements sociaux de la part des sociétés étatiques compétentes en la matière comme la CEGECI. Par contre, la Caisse Nationale de Sécurité Sociale (CNSS) a accompagné le mécanisme du 11 Décembre par la construction d'une cité de 100 villas. Les entretiens révèlent qu'à la veille de la célébration de la fête d'indépendance en 2012, la cité CNSS avait un taux de réalisation de 95%. Une première partie de la cité CNSS a été attribuée aux corps du personnel enseignant de l'Université Norbert Zongo. Quant à la deuxième partie de la cité, la population locale en a bénéficié. La majorité des constructions de cette cité se caractérise par la duplication d'un même plan de construction et par la grande taille des parcelles. Pour accéder aux logements construits, les requis stipulent qu'il faut être un professeur d'université et verser neuf (9) millions de FCFA pour une villa de type F3 et treize (13) millions de FCFA pour une villa de type F4.

3.2 Construction de logements sociaux et économiques

Sur le site de la cité des forces vives de Koudougou, des constructions de qualité ont été réalisées, notamment des villas avec dorures mais elles présentent un faible niveau d'occupation et une bonne partie des parcelles du site comporte des chantiers inachevés. Pour d'autres, la mise en valeur des terrains se limite à un mur de clôture. Bien que le cahier des charges oblige les attributaires de terrains à achever la réalisation des infrastructures et à remettre les clés au comité national d'organisation (CNO) du 11 Décembre à chaque fête nationale, il existe toujours des terrains totalement nus sur le site de Koudougou. Et cela plus d'une décennie après la célébration de l'indépendance. Par ailleurs, la cité des forces vives est toujours caractérisée par des maisons abandonnées ou inachevées. Les visites sur le site permettent de déceler des villas et des duplex inachevés, au milieu d'hautes herbes qui les surplombent souvent jusqu'aux fers à béton des poteaux. Leurs cours sont transformés à tort ou à raison en un véritable dépotoir où le voisinage vient déverser les ordures et autres déchets issus des ménages.



Figure 5 et Figure 6 : Bâtiments inachevés dans la cité des forces vives de Koudougou (Cliché : SAWADOGO M., janvier 2024).

Quant à la cité CNSS, elle a également un taux d'occupation faible qui trouve sa justification par la nature des activités des occupants de ces logements. En effet, avec la mobilité permanente des enseignants de l'université Norbert Zongo, la partie octroyée à ce personnel du corps universitaire se trouve peu occupée. D'autres logements sur ce site sont en location à des organisations non-gouvernementales (ONG) ou structures étatiques. Par ailleurs, il faut noter que ces deux cités sont marquées par l'absence de certains équipements tels que ceux sanitaire, éducatif et de loisir, toute chose qui peut limiter le niveau d'occupation des logements. A cela s'ajoute le faible niveau d'aménagement de la cité CNSS : voies non bitumées, absence de caniveaux, mauvais état des voies d'accès.



Figures 8 et 9 : Rues non aménagées dans la cité CNSS de Koudougou (Clichés : SAWADOGO M., janvier 2024).

Comparativement à Koudougou où on constate un niveau plus élevé de mise en valeur globale des parcelles de la cité des forces vives et un faible niveau d'occupation des logements construits, on remarque plutôt dans la cité des forces vives de Tenkodogo, trois ans seulement après sa mise en œuvre, un meilleur niveau d'occupation des logements auto-construits, et ce en raison de plusieurs facteurs :

- La cité est localisée à l'intérieur de la ville : c'est la zone dite de l'aéroport qui a été retenue pour l'implantation de la cité. Cette zone qui avait déjà fait l'objet d'un titre foncier de sécurisation était occupée sans autorisation par des ménages. Entre 2009 et 2010, la mairie avait recensé tous les ménages et leur avait distribué 358 parcelles afin qu'ils libèrent le site pour les besoins de projets futurs. Pendant ce temps, la ville s'était développée autour de cette zone réservée, devenue centrale. C'est ainsi qu'elle a été mobilisée pour accueillir la cité des forces vives.
- La proximité des équipements : de par sa localisation centrale dans la ville, la cité des forces vives profite de la proximité de la plupart des équipements et des services urbains.
- Le niveau de viabilisation : les investissements en termes de voirie ont été massifs dans la cité et se sont étendus aux quartiers limitrophes favorisant une excellente connexion inter-quartier et créant les conditions d'une habitabilité directe des logements construits.
- Le caractère de ville refuge : en raison de la crise sécuritaire, Tenkodogo au regard de sa localisation centrale dans la région est devenue peu à peu une ville refuge, où la demande en logements est de plus en plus croissante, surtout de

la part des salariés. Les fonctionnaires qui travaillent dans les localités environnantes installent leurs familles et leurs domiciles permanents dans cette ville. Ils font ensuite la navette entre leurs zones de travail et Tenkodogo, leur lieu de domiciliation.



Figure 10 : Logements de standing élevé en auto-construction dans la cité des forces vives de Tenkodogo (Cliché : SAWADOGO M., janvier 2024).

Pour les logements sociaux, les observations de terrains révèlent un faible niveau d'occupation, certains même sont transformés en siège d'association. Par endroits, les souches d'herbes qui jonchent les entrées et les cours, l'aspect dégradé des revêtements sont des éléments qui mettent en évidence le caractère inhabité de ces logements. Seuls les logements sociaux de type F4, situés sur les pans coupés sont tous occupés et ont connu pour la plupart des modifications et des extensions. On remarque par ailleurs dans la cité des forces vives, la présence de beaucoup de logements à louer, matérialisés par des pancartes « A louer » accrochées aux devantures, qui peinent visiblement à trouver preneur en raison sûrement de leur standing élevé qui induit un prix de location tout aussi élevé, surtout pour une ville moyenne dont le revenu moyen par habitant est modeste.



Figure 11 : Logements sociaux de type F3 inoccupés dans la cité des forces vives de Tenkodogo (Cliché : SAWADOGO M., janvier 2024).

3.3 Difficultés et contraintes de la politique du logement du 11 Décembre

Les principales difficultés et contraintes sont liées à l'identification tardive des sites, au non-respect des cahiers de charges, au faible taux d'occupation dans certaines cités des forces vives, aux inégalités sous-jacentes, aux insuffisances liées à l'indemnisation des populations et des propriétaires terriens, aux faiblesses dans l'acquisition des documents de droits fonciers, de la double attribution de parcelle, la vente d'une même parcelle à plusieurs acquéreurs, des investissements faits par des gens qui ne disposent d'aucune preuve d'attribution et aux insuffisances spécifiques liées aux logements sociaux.

Concernant l'identification tardive des sites, les entretiens ont mis en évidence le fait que l'identification des sites intervient autour des mois de janvier et février de l'année d'organisation du 11 Décembre. Cette situation joue sur les délais de la réalisation des études architecturales et les travaux d'aménagement. De ce fait, l'attribution des parcelles intervient tardivement, toute chose qui affecte la qualité et l'achèvement des travaux. Cette identification tardive serait liée au manque d'anticipation, aux négociations relativement difficiles entre les collectivités territoriales et les propriétaires terriens, aux délais nécessaires à l'obtention d'un consensus sur le choix des sites entre les acteurs locaux et le temps de réaction de l'administration centrale pour la validation des sites identifiés. Pour le cas de la ville de Tenkodogo, les négociations pour libérer le site choisi pour la construction de la cité a conduit à des tensions entre la commune et les ménages installés.

Quant au non-respect de cahiers des charges, il ressort des entretiens et des visites-terrain que les cités des forces vivent contiennent des parcelles non construites et des maisons inachevées sans que les dispositions présentes dans les cahiers de charges (retrait de parcelles) ne soient respectées. Par ailleurs, des changements d'usage de terrains sans autorisation préalable, ont été constatés. S'agissant du faible taux de réalisation des logements à la date de tenue des festivités, il serait dû à une conjonction de facteurs notamment l'attribution tardive des parcelles, la volonté de spéculation foncière, le manque de rigueur dans l'application des cahiers de charges.

Quant à l'abandon de certains chantiers, un agent immobilier résidant de la cité des forces vives de Koudougou avec qui nous sommes entretenus justifie ce constat par le manque de document, notamment les titres fonciers. Cette situation serait liée, d'une part à la non transmission des documents de lotissement des cités du 11 Décembre aux Mairies des communes bénéficiaires par les gouvernorats, et d'autre part, aux difficultés d'accès des services de la direction générale des impôts (DGI) aux documents de lotissement produits et disponibles dans les services du Ministère en charge de l'habitat et de l'urbanisme. Concernant le faible taux d'occupation de la cité des forces vives de Koudougou, il ressort des entretiens qu'il est dû à l'éloignement du site, de la ville et à son positionnement peu judicieux, l'absence d'infrastructures sociales et au standing relativement élevé des logements construits.

Pour prendre en compte cette insuffisance, la cité des forces vives de Tenkodogo a intégré plusieurs types de logements dont les niveaux d'exigence sont moindres que celles de Koudougou.

Quant aux inégalités sous-jacentes, la cité des forces vives serait source d'inégalités sociales entre les populations. En effet, elle privilégierait la classe nantie qui obtiendrait des terrains gracieusement alors que les populations les plus pauvres connaissent également des difficultés d'accès au logement. Malgré la construction des logements sociaux, les exigences pour leur acquisition restent au-dessus des populations à faible revenu. C'est majoritairement les bénéficiaires affiliés au système bancarisé et disposant de revenus permanent d'un certain niveau qui ont pu s'offrir les logements. Aussi, la pratique de la spéculation foncière par certains attributaires exacerberait les sentiments de frustrations. Concernant l'indemnisation des populations et des propriétaires terriens, en raison des délais relativement courts, les autorités locales sont parfois amenées à déguerpir les populations des sites retenus sans dédommagement préalable et sans solution de relogement concret. Ainsi, certaines personnes déguerpies sont obligées de patienter souvent plus d'une année avant d'obtenir les parcelles promises par les autorités locales. Pour les insuffisances liées aux logements sociaux, il ressort que les clôtures de certains logements seraient inachevées et les toilettes partagées entre plusieurs attributaires. Spécifiquement pour les logements construits par la CNSS, les coûts ont été jugés élevés par rapport au niveau de vie des populations. Par ailleurs, si la cité des forces vives à Tenkodogo a favorisé la densification du quartier d'implantation, celle de Koudougou de par sa localisation périphérique a créé un effet indirect : le développement sans précédent de l'habitat spontané. Une observation par image satellitaire montre une extension rapide de zones d'habitat spontanés tout autour de la cité et leur prolongement jusqu'à la ville. C'est ce qui est illustré dans les cartes suivantes.

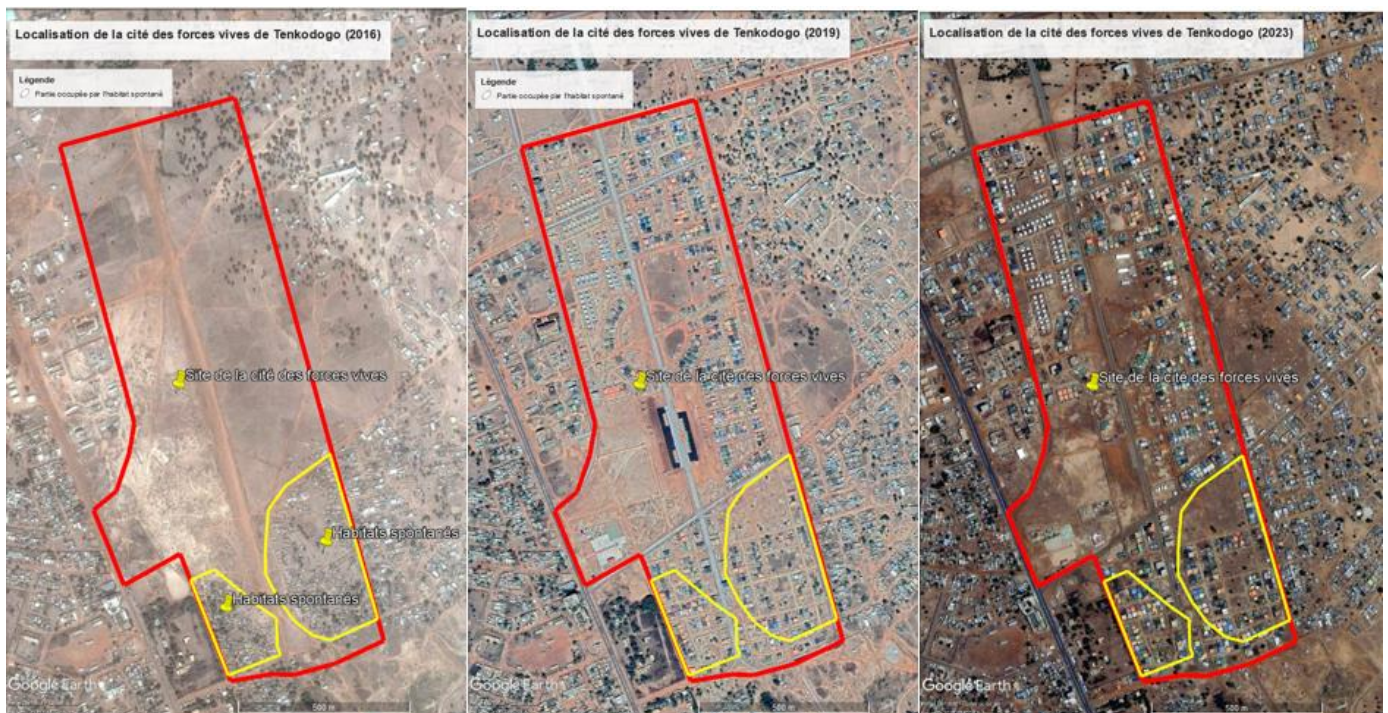


Figure 12 : Evolution de l'aménagement de la cité des forces vives de Tenkodogo de 2016 à 2023 (Réalisation : SAWADOGO M., 2023, Source : Google Earth).



Figure 13: Influence de la cité des forces vives de Koudougou sur le développement du tissu urbain informel environnant (Réalisation: SAWADOGO M., 2023, Source : Google Earth).

4. DISCUSSION

Les villes de Tenkodogo et Koudougou ont bénéficié d'une offre foncière substantielle grâce à l'aménagement des cités des forces vives, complétée par les interventions de la CEGECI et de la CNSS, qui ont fourni des logements économiques et sociaux. Toutefois, le niveau d'occupation de ces cités varie en fonction de leur localisation. À Koudougou, où la planification urbaine n'avait pas anticipé de besoins fonciers supplémentaires, l'ajout de parcelles en périphérie a exacerbé les problèmes existants. Plusieurs facteurs expliquent la faible occupation des maisons : une localisation périphérique peu attractive, l'absence d'équipements sociaux de proximité, des coûts de location élevés, des conflits d'attribution, ainsi que le non-respect des cahiers des charges. Cela a conduit à l'inachèvement de nombreux chantiers, et à une faible utilisation des logements construits.

À Tenkodogo, en revanche, la localisation centrale de la cité des forces vives a favorisé un meilleur taux d'occupation des maisons, bien que le niveau de mise en valeur des parcelles reste inférieur à celui observé à Koudougou. Malgré cela, les logements sociaux construits à Tenkodogo présentent un faible niveau d'occupation, ce qui s'explique par la mauvaise qualité des constructions (apparence extérieure vétuste après seulement trois ans), la concurrence de l'offre immobilière locale, des conditions d'accès restrictives (peu accessibles aux personnes sans revenus réguliers), et une préférence culturelle locale pour l'auto-construction.

L'urgence imposée par la nécessité de valoriser rapidement les parcelles avant les festivités du 11 Décembre a limité l'accès au foncier à une minorité de la population disposant de moyens financiers suffisants pour investir dans la construction de maisons. En conséquence, une grande partie des demandeurs de terrains aménagés, notamment les ménages déplacés pour permettre la création de ces cités, ont été exclus. Cette dynamique, liée à "l'urgence temporelle", rappelle les observations de Bennis et al., (2014), [9] qui ont souligné les effets similaires de l'implantation du parc olympique lors des Jeux Olympiques de Londres, où 1 000 personnes et 209 entreprises employant plus de 5 000 personnes ont été expropriées.

Ces éléments confirment que les mesures exceptionnelles, prises dans le cadre de la mise en œuvre d'événements urbains sous contrainte temporelle, peuvent engendrer des distorsions significatives dans le développement urbain, souvent en contradiction avec les plans de développement à long terme des villes concernées.

La politique des "cités des forces vives" s'inscrit dans une logique qui pourrait être perçue comme élitiste et ségrégationniste, conduisant à la formation d'un tissu urbain gentrifié. Ce phénomène, comparable à la création d'une "Ouaga 2000" dans une ville moyenne, suscite des questionnements sur la pertinence et l'orientation des investissements urbains. Giraut (1994) [10] souligne que les investissements réalisés dans les villes moyennes sont souvent mal orientés, en raison d'une interprétation économique qui les assimile à des métropoles en devenir, négligeant ainsi les réalités et trajectoires spécifiques de ces villes. Ce constat est particulièrement pertinent dans le cadre des investissements en logements réalisés à l'occasion des festivités du 11 Décembre, qui, suivant le modèle de Savitch et Kantor (2002) [11], favorisent un développement urbain centré sur « la sphère marchande » au détriment des besoins du public.

À Koudougou, par exemple, la localisation périphérique de la cité des forces vives a encouragé une extension informelle du tissu urbain, absorbant progressivement les lotissements périphériques de la ville. À Tenkodogo, en revanche, la position centrale de cette cité a permis une densification et un aménagement plus structuré du tissu urbain environnant, tout en offrant à la commune l'opportunité de régulariser un domaine foncier occupé illégalement. Ces observations rejoignent l'analyse de Gravari-Barbas et Jacquot (2007) [12], pour qui les festivités du 11 Décembre apparaissent comme un outil de légitimation de projets urbains, souvent au service d'intérêts spécifiques plutôt que d'un développement inclusif et équilibré.

5. CONCLUSION

Cette étude visait à approfondir la compréhension des impacts de la politique d'urbanisme événementiel, notamment à travers l'organisation tournante de la fête nationale de l'indépendance (11 Décembre), sur l'accès au logement et au foncier dans deux villes moyennes du Burkina Faso : Koudougou et Tenkodogo. Les analyses ont permis de caractériser les tissus urbains de ces villes, ainsi que leurs besoins en matière d'aménagement foncier et de logement. Il en ressort que les initiatives associées au 11 Décembre, telles que la construction des cités des forces vives et des logements, ont principalement répondu aux attentes d'une frange spécifique et aisée de la population urbaine, en laissant en grande partie les besoins des citoyens à revenus modestes insatisfaits. Par ailleurs, cette politique a peu contribué à résoudre les défis structurels liés à l'expansion des quartiers informels, une problématique cruciale dans le développement urbain.

Dans un contexte marqué par des défis sécuritaires croissants, l'urbanisme événementiel a le potentiel de devenir un outil stratégique de résilience pour le développement des villes moyennes au Burkina Faso. Cependant, pour maximiser l'efficacité de cette approche, il est impératif d'étendre la recherche à l'ensemble des villes moyennes hôtes afin de réaliser une évaluation globale. Ce bilan global serait essentiel pour ajuster la politique du 11 Décembre et en faire un véritable

levier d'amélioration de l'accès au logement et au foncier, répondant aux besoins diversifiés de l'ensemble des populations urbaines de ces villes.

6. REFERENCES

1. Champaud J. À la recherche des villes moyennes. Tropiques, lieux et liens. Paris: ORSTOM; 1986. 620 p.
2. OCDE/CSAO. Dynamiques de l'urbanisation africaine 2020: Africapolis, une nouvelle géographie urbaine. Cahiers de l'Afrique de l'Ouest. Paris: Éditions OCDE; 2020. 205 p. Available from: <https://doi.org/10.1787/481c7f49-fr>
3. Wertheimer M. Les villes secondaires en Afrique: leur rôle et leurs fonctions dans le développement régional. In: Bricas N, Courade G, Coussy J, Hugon P, Muchnik J, editors. Nourrir les villes en Afrique sub-saharienne. Paris: L'Harmattan; 1985. p. 136-59.
4. Bridonneau M. Quelle mondialisation pour les petites villes africaines? Patrimonialisation et mise en tourisme de Lalibela (Éthiopie). Métropolitiques. 2006. 8 p. Available from: <http://www.metropolitiques.eu/Quelle-mondialisation-pour-les.html>
5. Direction Générale de l'Urbanisme et des Travaux Fonciers du Burkina Faso. Schéma Directeur d'Aménagement et d'urbanisme (SDAU) de la ville de Koudougou horizon 2030. Rapport final. Sept 2013. Vol I. 186 p.
6. Direction Générale de l'Urbanisme et des Travaux Fonciers du Burkina Faso. Schéma Directeur d'Aménagement et d'urbanisme (SDAU) de la ville de Tenkodogo horizon 2030. Rapport final. Sept 2013. 245 p.
7. Commune de Tenkodogo. Plan communal de développement de la commune de Tenkodogo (PCD) 2017-2021. May 2017. 151 p.
8. Hilgers M. Une ethnographie à l'échelle de la ville. Urbanité, histoire et reconnaissance à Koudougou (Burkina Faso). Paris: Karthala; 2009. 422 p. Available from: <https://doi.org/10.4000/africanistes.3131>
9. Bennis H, Damy A, Hublot M, Laplagne M, Renno Sartori M. Ville et événement: de l'éphémère au durable. Atelier international, MASTERE AMUR. 2014. 30 p.
10. Giraut F. La petite ville, un milieu adapté aux paradoxes de l'Afrique de l'Ouest: étude sur le semis, et comparaison du système spatial et social de sept localités: Badou et Anié (Togo); Jasikan et Kadjebi (Ghana); Torodi, Tamaské et Keïta (Niger) [thesis]. Paris: Université Panthéon-Sorbonne, Paris I; 1994. 404 p.
11. Savitch HV, Kantor P. Cities in the International Marketplace: The Political Economy of Urban Development in North America and Western Europe. Princeton: Princeton University Press; 2002. 552 p. Available from: <http://www.jstor.org/stable/j.ctv301fp5>
12. Gravari-Barbas M, Jacquot S. L'événement, outil de légitimation de projets urbains: l'instrumentalisation des espaces et des temporalités événementiels à Lille et Gènes. *Géocarrefour*. 2007;82(3):153-63. Available from: <https://doi.org/10.4000/geocarrefour.2217>



Maxime SAWADOGO, Sompougobnoma Euloges KABORÉ, Yélézouomin Stéphane Corentin SOME. Impact de l'urbanisme événementiel sur l'accès au logement : Étude de la fête nationale tournante au Burkina Faso (1995 à 2023). *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2024; 19(2): 29-41. Doi: 10.5281/zenodo.1335154

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/>

Analyse Multifactorielle des Transformations Foncières dans La Commune D'adjarra (Bénin) : Étude Socio-Economique et Spatiale (2002-2024)



Multifactorial analysis of land transformations in the commune of Adjarra (Benin) : Socio-economic and spatial study (2002-2024)

| Mariano Angelo Nonvignon Akanni HESSOU ^{1*} | Pamphile HOUNDI ¹ | et | Sylvain Ahotondji VISSOH ¹ |

¹ Université d'Abomey-Calavi | Département de Géographie et Aménagement du Territoire | Laboratoire d'Etudes des Dynamiques Urbaines et Régionales | Abomey-Calavi | Bénin |

Doi : 10.5281/zenodo.13359243 | Received August 06, 2024 | Accepted August 20, 2024 | Published August 23, 2024 | ID Article | Hessou-Ref06-2-19ajiras160824

RÉSUMÉ

Introduction: La commune d'Adjarra fait face à d'importantes pressions résultant de la croissance démographique, des mutations spatiales, et de l'augmentation de la demande de terres à bâtir. Ces dynamiques contribuent à une transformation significative de l'occupation des terres dans la région. **Objectif:** Cette recherche vise à identifier et étudier les déterminants de la dynamique foncière dans la commune d'Adjarra. **Méthodes:** L'approche méthodologique adoptée comprend trois volets essentiels : la collecte des données, leur traitement, et l'analyse des résultats. La collecte des données a été réalisée à travers une recherche documentaire ainsi que des travaux de terrain, incluant des enquêtes auprès de groupes cibles et des observations directes. Au total, 267 ménages ont été enquêtés et 39 personnes ressources ont été interviewées selon un choix raisonné dans 54 villages et quartiers de ville. Les logiciels ArcGIS 10.8, Envi, et QGIS ont été utilisés pour la réalisation des cartes. **Résultats:** Les résultats montrent que les facteurs biophysiques, humains, et sociaux de base sont des déterminants majeurs de la dynamique foncière dans la commune d'Adjarra. Une régression des formations naturelles au profit des formations anthropiques a été observée, avec une augmentation de la superficie de ces dernières, passant de 692 hectares (9,23 %) en 2002 à 4 329 hectares (57,72 %) en 2024. Cette transformation rapide des terres est liée à une urbanisation accélérée de la commune. **Conclusion:** Les transactions foncières dans la commune d'Adjarra induisent des changements spatio-temporels significatifs dans l'occupation des terres. La régression des formations naturelles au profit des formations anthropiques, associée à une urbanisation rapide, met en évidence la nécessité d'une gestion foncière durable pour limiter la consommation effrénée des terres.

Mots-clés : Adjarra, changements spatio-temporels, déterminants, foncier, population.

ABSTRACT

Introduction: The commune of Adjarra has been experiencing significant pressures due to population growth, spatial changes, and increased demand for land for construction. These dynamics contribute to a significant transformation in land use within the region. **Objective:** This research aims to identify and study the determinants of land dynamics in the commune of Adjarra. **Methods:** The methodological approach adopted includes three essential components: data collection, data processing, and result analysis. Data collection was conducted through documentary research and fieldwork, including surveys of target groups and direct observations. A total of 267 households were surveyed, and 39 resource persons were interviewed based on a purposive sampling method in 54 villages and city neighborhoods. The software tools ArcGIS 10.8, Envi, and QGIS were used to create the maps. **Results:** The results indicate that basic biophysical, human, and social factors are major determinants of land dynamics in the commune of Adjarra. A regression of natural formations in favor of anthropogenic formations was observed, with an increase in the area of the latter, from 692 hectares (9.23%) in 2002 to 4,329 hectares (57.72%) in 2024. This rapid transformation of land is linked to accelerated urbanization in the commune. **Conclusion:** Land transactions in the commune of Adjarra lead to significant spatio-temporal changes in land use. The regression of natural formations in favor of anthropogenic formations, coupled with rapid urbanization, highlights the need for sustainable land management to curb the excessive consumption of land.

Keywords: Adjarra, spatio-temporal changes, determinants, land, population.

1. INTRODUCTION

La dynamique foncière en Afrique subsaharienne constitue un enjeu majeur du développement urbain et périurbain contemporain. Caractérisée par une transformation rapide des espaces, elle résulte de l'interaction complexe entre croissance démographique, urbanisation accélérée et mutations socio-économiques [1]. Au Bénin, pays d'Afrique de l'Ouest comptant 12,9 millions d'habitants en 2022 [2], ces phénomènes s'observent de manière particulièrement prononcée dans les zones périurbaines, où la conversion des terres agricoles en espaces bâtis s'intensifie.

La commune d'Adjarra, située au sud-est du Bénin et couvrant une superficie de 75 km², illustre de manière saisissante cette problématique. Sa proximité avec Porto-Novo, la capitale administrative, en fait un cas d'étude pertinent pour analyser les dynamiques foncières périurbaines. Bien que des recherches antérieures aient exploré les impacts de l'urbanisation sur les espaces périurbains béninois, les déterminants spécifiques de la dynamique foncière à Adjarra, ainsi que leurs implications socio-économiques et environnementales, restent insuffisamment étudiés. Cette étude vise

à combler cette lacune en analysant les facteurs influençant les transformations foncières dans la commune d'Adjarra sur la période 2002-2024. Plus spécifiquement, elle poursuit trois objectifs :

- 1) Identifier et hiérarchiser les principaux déterminants socio-économiques, démographiques et spatiaux de la dynamique foncière locale ;
- 2) Quantifier et caractériser l'ampleur des changements d'usage des sols sur la période étudiée ;
- 3) Évaluer les implications de ces transformations pour le développement durable et l'aménagement du territoire à l'échelle locale et régionale.

En examinant le cas d'Adjarra, cette étude contribue à une meilleure compréhension des dynamiques foncières périurbaines en Afrique subsaharienne. Elle s'inscrit dans le débat scientifique sur les transformations des espaces ruraux et périurbains dans les pays en développement [3] et ambitionne de fournir des éléments concrets pour guider les politiques d'aménagement du territoire et de gestion foncière au Bénin.

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1. Lieu de l'étude

La commune d'Adjarra, située dans le sud-est du Bénin, joue un rôle stratégique en raison de sa position géographique. Elle partage une frontière étendue à l'ouest avec Porto-Novo, la capitale administrative du Bénin, créant une proximité directe avec une zone urbaine à forte densité. Les arrondissements de Honvié, Malanhoui, et Aglogbè, en particulier, sont en continuité territoriale avec Porto-Novo, ce qui en fait des zones de forte pression foncière, exacerbée par la demande croissante de terres dans la région.

À l'est, la commune d'Adjarra est limitrophe de la République Fédérale du Nigeria, l'un des géants économiques de l'Afrique de l'Ouest. Cette proximité avec le Nigeria confère à Adjarra un statut de commune de transit, favorisant des échanges commerciaux et une dynamique démographique notable. La saturation foncière observée à Porto-Novo, combinée à la position géographique d'Adjarra, contribue de manière significative à la dynamique foncière de la commune, marquée par une compétition accrue pour l'acquisition des terres.

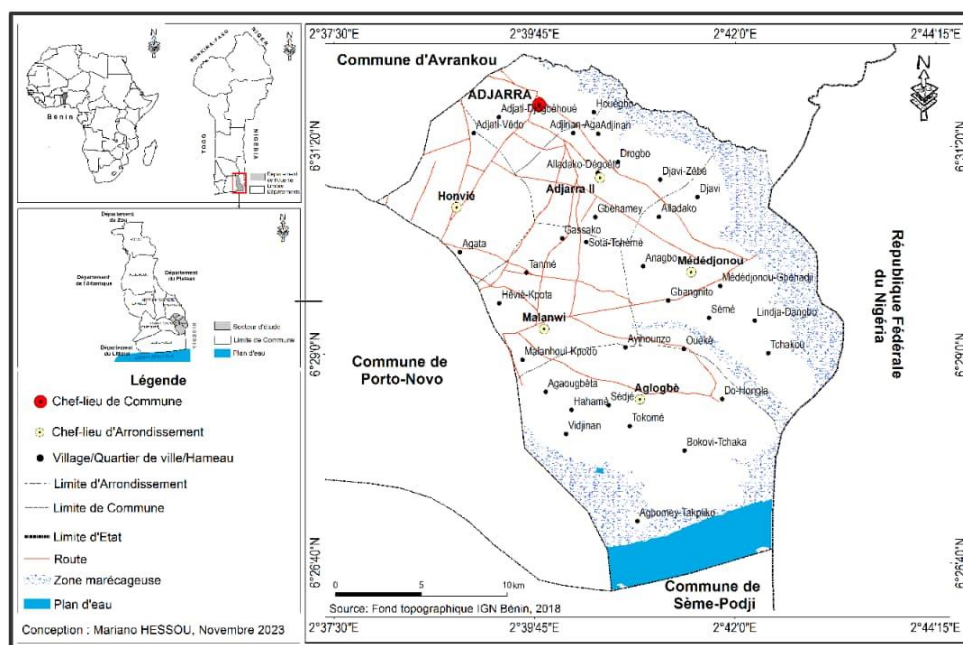


Figure 1 : La figure 1 présente la situation géographique et administrative de la commune d'Adjarra

2.2. Collecte des Données

La collecte des données pour cette recherche a été effectuée à l'aide de plusieurs méthodes complémentaires, incluant la recherche documentaire, les enquêtes de terrain auprès des ménages, ainsi que des entretiens avec divers acteurs clés. Les données ont été classifiées en deux catégories principales : quantitatives et qualitatives.

2.2.1 Données Qualitatives :

Les données qualitatives comprenaient :

Informations sur la Structure de la Population : Ces informations ont été recueillies pour comprendre les caractéristiques démographiques et socio-économiques des populations locales.

Perceptions des Populations : Les perceptions des habitants concernant les facteurs influençant la dynamique foncière dans la commune d'Adjarra ont été collectées à travers des entretiens semi-directifs et des groupes de discussion.

2.2.2 Données Quantitatives :

Les données quantitatives comprenaient :

- Démographie : Les données sur la population de la commune d'Adjarra, selon les Recensements Généraux de la Population et de l'Habitat (RGPH) de 1979, 1992, 2002 et 2013 fournies par l'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Économique (INSAE). Ces données ont permis d'évaluer l'évolution démographique, de calculer la densité de population, et de réaliser des projections démographiques pour l'année 2024.
- Facteurs de l'Installation Humaine : Les données relatives aux facteurs déterminants pour l'installation humaine dans la commune ont été collectées par l'intermédiaire de questionnaires structurés et d'observations sur le terrain.
- Services Sociaux de Base : Les données concernant les services sociaux de base disponibles dans la commune ont été obtenues à partir de sources administratives et de questionnaires adressés aux responsables des services locaux.

2.3. Enquêtes de Terrain

Les enquêtes de terrain ont impliqué la collecte de données auprès de deux groupes cibles :

- Cible Primaire : Les ménages résidant dans la commune d'Adjarra ont été interrogés à l'aide de questionnaires détaillés pour recueillir des informations sur leur situation socio-économique et leurs besoins.
- Cible Secondaire : Des entretiens ont été menés avec des personnes ressources, y compris des autorités locales, des responsables d'organisations communautaires et d'autres acteurs clés, pour obtenir des perspectives supplémentaires sur les facteurs influençant la dynamique foncière et les services sociaux.

2.4. Échantillonnage

L'échantillonnage a été conçu pour garantir une représentativité adéquate des ménages au sein des localités ciblées. La méthode de sélection des échantillons repose sur plusieurs critères rigoureux pour assurer la fiabilité des données collectées.

2.4.1 Critères de sélection des localités

1. Critères de sélection géographique et démographique :

- Critère urbain et densité de population : Les localités ont été sélectionnées en fonction de leur caractère urbain marqué et de l'ampleur de l'installation humaine. Ces critères ont été déterminés sur la base de visites exploratoires menées dans diverses localités, qui ont permis d'évaluer la concentration urbaine et la densité de la population.
- Critère de taille des ménages : Seules les localités comptant au moins 300 ménages, selon les données du Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RPGH) de 2013, ont été retenues pour l'enquête. Ce seuil a été choisi pour assurer une taille d'échantillon suffisante pour une analyse statistiquement significative.

2. Critères de croissance démographique et de développement urbain :

- Les villages ou quartiers sélectionnés pour les enquêtes ont été choisis en fonction de leur croissance démographique, de la marchandisation des terres et de la construction de nouvelles habitations. Cette approche permet d'obtenir une vue d'ensemble des dynamiques foncières en cours.

2.4.2 Échantillonnage au sein des localités : L'échantillonnage a couvert les six arrondissements de la commune d'Adjarra, afin de garantir une représentation équilibrée des différentes zones géographiques. Les critères de sélection des unités de l'échantillon incluent :

- La taille et la répartition des localités : Les localités ont été choisies pour leur taille adéquate, leur répartition géographique équilibrée et leur capacité à fournir des réponses pertinentes.
- L'adaptabilité des répondants : Les ménages ont été sélectionnés en fonction des critères suivants pour assurer la pertinence des réponses :
 - Être âgé d'au moins 30 ans,
 - Être le chef de ménage ou son représentant,
 - Avoir résidé de manière régulière dans la localité au cours des dix dernières années. Ce critère est crucial pour évaluer les facteurs de croissance démographique et la pression foncière sur les terres.

2.4.3 Détermination de la taille de l'échantillon

La taille de l'échantillon (N) a été déterminée en utilisant la formule proposée par Schwartz (1999, p. 95). Cette formule permet de calculer la taille d'échantillon nécessaire pour obtenir des résultats fiables et statistiquement significatifs, en tenant compte des variabilités et des objectifs de l'étude :

$$N = \frac{(Z\alpha)^2 Pq}{i^2} \quad (1)$$

Avec :

N : taille d'échantillon ;

Z α : 1,96, écart réduit correspondant à un risque α de 5 % ;

P : proportion des ménages des différents villages ciblés par rapport au nombre de ménages de la commune d'étude (effectif des ménages des villages et quartiers de ville enquêtés = 10 641 ; effectif total des ménages = 21 363) suivant (RGPH₄) soit $p = 49,81\%$ ou 0,4981 ;

i : précision désirée égale à 6 % ;

q : $1 - p$ (ici, $q = 0,51$) ;

$$N = (1,96)^2 \times 0,49 (1 - 0,49) / (0,06)^2 = 266,67 = 267 \text{ ménages.}$$

Au total, 267 ménages ont été enquêtés. Ces 267 ménages enquêtés ont été répartis dans tous les arrondissements dont le nombre varie d'un quartier à un autre en fonction du poids démographique de chacun de ces arrondissements. Ainsi, pour la répartition des ménages enquêtés par village ou quartier de ville, un coefficient de réduction est affecté à l'échantillon.

Ce coefficient s'exprime par la fonction :

$$k = n/P \quad (2)$$

Avec :

n : taille de l'échantillon obtenue par la méthode de D. Schwartz,

P : effectif total des ménages des villages enquêtés selon le RGPH₄ de l'INSAE.

En effet : $k = n/P$; donc : $K = 267/10\ 641$; $\Rightarrow k = 0,025$; soit $k = 2,5\%$ affectés à chaque effectif de ménage par localité enquêtée. Au total, 267 ménages ont été enquêtés au niveau de la cible primaire.

La cible secondaire est composée des élus communaux (maires, chefs d'arrondissement, conseillers) et des élus locaux (chefs de quartier ou de village). Le Responsable des Affaires Domaniales et Environnementales, les démarcheurs et les personnes ressources font fait l'objet d'enquête. Ainsi, trente-neuf (39) personnes composées des élus communaux, des élus locaux, d'un chef service de la mairie et les démarcheurs ont été interviewées lors des enquêtes de terrain. Cet échantillon a permis de recueillir des informations en lien avec la croissance démographique et la dynamique foncière dans la commune d'Adjarra.

2.5 Outils de collecte des données

Pour la collecte des données sur le terrain, plusieurs outils ont été utilisés afin d'assurer une couverture complète et précise des informations nécessaires à la recherche. Ces outils incluent :

Le questionnaire d'enquête : Utilisé pour obtenir des informations quantitatives et qualitatives directement auprès des ménages, ce questionnaire a été conçu pour recueillir des données sur les aspects socio-économiques et environnementaux liés à la dynamique foncière.

Les guides d'entretien : Ces guides ont servi à structurer les entretiens avec les personnes ressources, permettant une exploration approfondie des connaissances locales et des perceptions sur les dynamiques foncières et urbaines.

La grille d'observation : Cet outil a été utilisé pour systématiquement analyser et documenter les déterminants de la dynamique foncière dans la commune d'Adjarra, en se concentrant sur les aspects visibles et mesurables de l'utilisation du sol et des infrastructures.

2.6 Matériel de collecte des données

Pour faciliter la collecte de données sur le terrain, divers matériels ont été employés, notamment :

Une carte sommaire de reconnaissance : Cette carte a servi de référence pour la délimitation du secteur de recherche, fournissant une vue d'ensemble du territoire étudié et aidant à la planification des activités de collecte de données. **Un GPS Garmin eTrex 10** : Ce dispositif, avec une précision planimétrique de 2 mètres, a été utilisé pour la prise des coordonnées géographiques des différents éléments spatiaux d'intérêt. La précision du GPS était essentielle pour cartographier les points de collecte et les zones d'étude avec exactitude. **Un appareil photo numérique** : Utilisé pour capturer des images illustratives des sites d'étude, cet appareil a permis de documenter visuellement les conditions de terrain et les éléments pertinents de la dynamique foncière.

Après la collecte des données, celles-ci ont été dépouillées et traitées pour l'analyse des résultats. Les techniques employées comprenaient des enquêtes par questionnaire, des entretiens structurés et des observations systématiques.

2.7 Traitement des données sociodémographiques

Les données sociodémographiques ont subi des traitements diversifiés et sont représentés de différentes manières. Ces représentations concernent la croissance démographique de la commune de 1979 à 2013, puis des projections de la

population en 2024. Un certain calcul a permis de faire ces traitements. Ces calculs sont faits à travers les formules suivantes :

$$D = H/S \quad (3)$$

INSAE (1992)

Avec :

D : densité de la population ;

H : nombre d'habitants ;

S : superficie de l'unité spatiale considérée.

2.8 Traitement et interprétation des images satellitaires

Le traitement des images satellitaires constitue une étape fondamentale dans cette recherche, essentielle pour l'extraction et l'analyse des informations cartographiques relatives aux unités d'occupation du sol. Cette procédure permet de cartographier et de comprendre les transformations des unités d'occupation du sol, en lien avec la croissance démographique et la dynamique foncière au sein de la commune d'Adjarra.

Le processus de traitement des images satellitaires inclut plusieurs étapes clés :

- **Acquisition des données** : Les images satellitaires utilisées proviennent des capteurs Landsat 7 ETM+ et Landsat 8 OLI-TIRS, couvrant les années 2002 et 2024. Ces données ont été sélectionnées en raison de leur résolution spatiale et temporelle adéquate pour analyser les changements dans l'occupation des sols au cours de la période étudiée.
- **Prétraitement des images** : Les images ont d'abord subi un prétraitement, incluant la correction radiométrique et géométrique pour assurer la précision des données. Ce prétraitement est crucial pour éliminer les erreurs systématiques et garantir que les images soient alignées avec des références géographiques précises.
- **Classification des terres** : La classification des images a été réalisée à l'aide de méthodes de classification supervisée et non supervisée pour identifier les différentes unités d'occupation du sol. Les algorithmes de classification ont permis de distinguer les catégories telles que les zones urbaines, les terres agricoles, les zones forestières et les espaces dégradés.

Analyse des transformations : L'analyse des images a permis d'évaluer les transformations des unités d'occupation du sol entre 2002 et 2024. Les changements observés sont attribués à la croissance démographique et à l'évolution des pratiques foncières, avec une attention particulière portée à l'expansion urbaine et à la conversion des terres agricoles en espaces résidentiels.

2.9 Analyse des résultats

Pour l'analyse des résultats, le modèle FFOM (Forces, Faiblesses, Opportunités, Menaces) a été employé. Ce modèle analytique a permis d'évaluer les forces et faiblesses liées aux dynamiques d'occupation des sols, ainsi que les opportunités et menaces associées aux transformations observées. L'application du modèle FFOM aide à contextualiser les résultats dans un cadre stratégique, en mettant en lumière les implications pour l'aménagement du territoire et la planification urbaine.

3. RÉSULTATS

3.1 Déterminants de la dynamique foncière dans la commune d'Adjarra

La dynamique foncière dans la commune d'Adjarra est façonnée par une combinaison complexe de facteurs biophysiques et humains, chacun contribuant de manière significative à l'évolution de l'utilisation des sols et à l'expansion urbaine.

3.1. Facteurs biophysiques

Les caractéristiques biophysiques jouent un rôle crucial dans la détermination de la dynamique foncière. Ces facteurs comprennent les conditions climatiques, la configuration morphologique et les propriétés pédologiques de la région, chacun ayant un impact direct sur l'occupation et l'utilisation des terres.

- **Caractéristiques climatiques** : Le climat d'Adjarra, typiquement tropical, influence fortement la disponibilité et l'utilisation des terres. Les précipitations abondantes et les variations saisonnières affectent la fertilité des sols et la gestion des ressources en eau, ce qui, à son tour, influence les choix d'utilisation des sols. La variabilité climatique peut également entraîner des changements dans la couverture végétale, affectant les zones propices à l'agriculture et à l'urbanisation.

- Configuration morphologique : La topographie de la commune est un facteur déterminant dans la répartition et la densité des installations humaines. La commune d'Adjarra, située entre la lagune de Porto-Novo et les plaines d'inondation, présente un terrain généralement plat avec des variations d'altitude allant de 0 à 35 mètres. Cette topographie légèrement inclinée, du nord-ouest vers le sud, est caractérisée par des dépressions naturelles et des zones marécageuses. Ces dépressions jouent un rôle crucial en tant que couloirs d'évacuation pour les eaux pluviales, réduisant le risque d'inondation dans les zones résidentielles et facilitant l'urbanisation. La Figure 2 illustre ces caractéristiques morphologiques, montrant comment elles influencent la répartition des constructions et l'utilisation des sols dans la région.
- Propriétés pédologiques : Les caractéristiques pédologiques, telles que la texture et la composition des sols, affectent également la dynamique foncière. Les sols de la commune, souvent riches en éléments nutritifs, sont particulièrement favorables à l'agriculture, ce qui peut influencer la conversion des terres agricoles en espaces résidentiels à mesure que la demande de logements augmente. La qualité du sol et sa capacité de drainage sont des facteurs importants qui déterminent la faisabilité de l'urbanisation dans différentes zones de la commune.

3.2. Impact sur l'urbanisation

L'interaction entre ces facteurs biophysiques crée un environnement propice à l'expansion urbaine et à l'occupation des sols. Les zones présentant des dépressions naturelles et des propriétés pédologiques favorables sont souvent les premières à être urbanisées, en raison de leur accessibilité et de leur faible susceptibilité aux risques d'inondation. En revanche, les zones plus élevées et les terrains moins fertiles peuvent être moins attrayants pour le développement résidentiel, mais peuvent jouer un rôle important dans la gestion des espaces ouverts et des réserves naturelles.

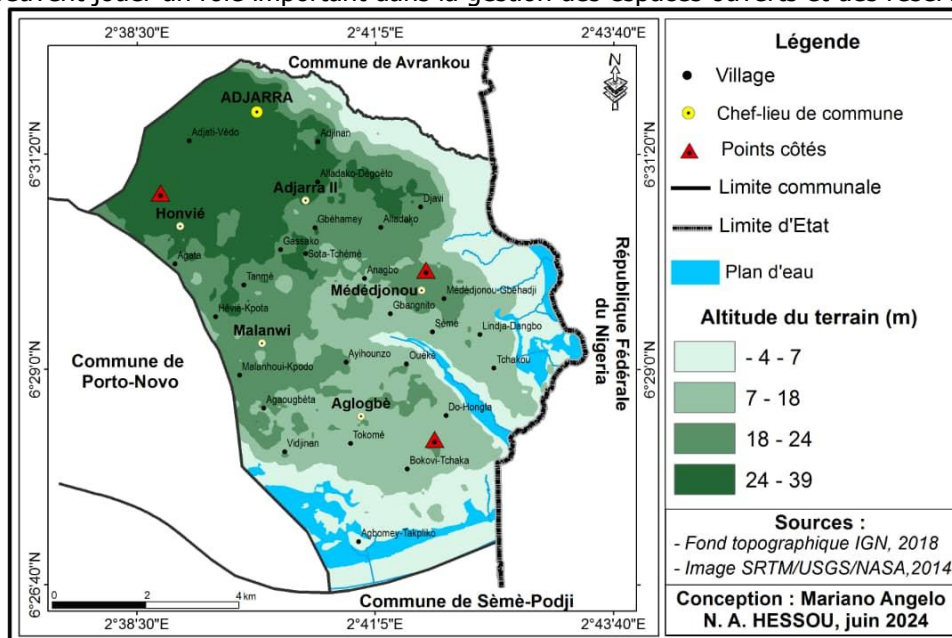


Figure 2 : La figure 2 présente la configuration morphologique de la commune d'Adjarra.

L'analyse de la morphologie de la commune d'Adjarra peut être divisée en quatre zones à savoir : une zone de faible altitude comprise entre -4 et -7 m, une zone de pente moyenne (7 – 18 m), une zone de forte pente (18 – 24 m) et une zone de très forte pente comprise entre 14 et 39 m d'altitude. Dans l'ensemble, la situation des pentes de la commune facilite l'installation des populations, offrant de vastes terres propices aux activités agricoles mais également à la construction des habitations. C'est ce qui justifie l'afflux des constructions qui métamorphose le paysage de la commune d'Adjarra en l'absence des outils de gestion de l'espace.

3.1.1.2 Facettes pédologiques comme déterminants de la dynamique foncière

La commune d'Adjarra est constituée de deux (02) grands types de sols. Il s'agit des sols hydromorphes et des sols ferrallitiques. En effet, les sols hydromorphes qui sont des sols de bas-fonds, argileux, riches en matières organiques. Ils sont situés dans les zones inondables, surtout dans l'arrondissement d'Aglobè et à l'est de cette commune. Les sols ferrallitiques sont les plus dominants dans la commune. Ils couvrent plus de 40 % de la superficie totale du territoire. Ce sont des sols bien drainés qui sont faciles à travailler et capable de supporter les grands d'aménagement, de construction et autres. La figure 3 présente les facettes pédologiques de la commune d'Adjarra.

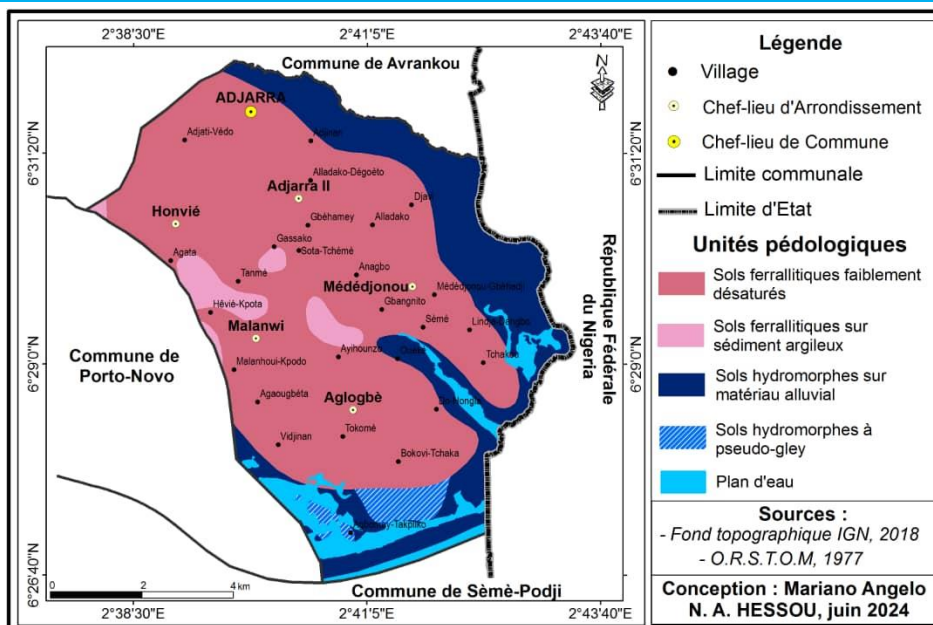


Figure 3 : La figure 3 présente les facettes morphologiques de la commune d’Adjarra.

En observant de près la figure 3, on note quatre (04) unités pédologiques à savoir les sols ferrallitiques faiblement désaturés, les sols ferrallitiques sur sédiment argileux, les sols hydromorphes sur matériau alluvial et les sols hydromorphes à pseudo-gley. Ces différents sols stimulent l’installation des populations, la construction des habitations et des infrastructures de toutes sortes. C’est ce qui justifie d’ailleurs la forte pression humaine sur les terres dans la commune d’Adjarra.

3.1.1.3 Caractéristiques climatiques favorables à l’installation humaine

Le régime pluviométrique de la commune d’Adjarra est bimodal. C’est un climat de type subéquatorial humide avec deux saisons de pluie et deux saisons sèches. Ainsi, la grande saison pluvieuse s’étend de mi-mars à mi-juillet suivie de la petite saison sèche qui s’étende pratiquement sur quatre (04) mois de mi-novembre à mi-mars. Ce climat est caractérisé par une forte humidité et des températures variant entre 21,9°C et 32,8°C. Ces caractéristiques climatiques ne constituent pas une contrainte à l’installation humaine dans la commune. La figure 4 présente la répartition spatiale des hauteurs pluviométriques dans la commune d’Adjarra.

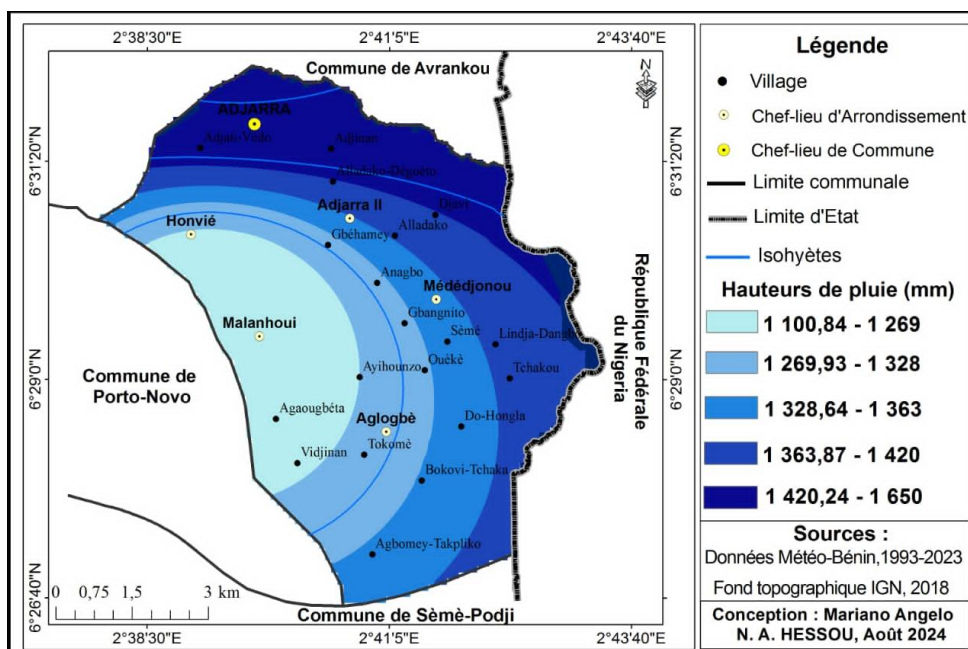


Figure 4 : La figure 4 présente les isohyètes de la commune d’Adjarra.

L’analyse des isohyètes de la figure 4 montre que la partie nord de la commune d’Adjarra est plus pluvieuse que la partie est. Le sud-ouest a enregistré les plus faibles hauteurs de pluies entre 1993 et 2023. Cette situation montre que la commune d’Adjarra est relativement bien arrosée avec des températures modérées, ce qui ne constitue pas une contrainte à l’installation humaine. De façon générale, les hauteurs de pluies enregistrées dans le milieu favorisent la

production de l'urbanisation, notamment la construction des habitations. L'environnement climatique constitue, dans une certaine mesure, un facteur favorable au développement des transactions foncières et la dynamique spatiale. Ce qui accentue la croissance démographique et la périurbanisation dans le milieu. Comme on peut le constater, les facteurs biophysiques constituent des déterminants de la dynamique foncière dans la commune d'Adjarra. C'est d'ailleurs ce qui justifie les pratiques d'accapement et de morcellement des terres et l'augmentation du prix d'achat des parcelles.

3.1.2 Facteurs humains de la dynamique foncière dans la commune d'Adjarra

Parmi les facteurs humains qui influencent la dynamique foncière dans la commune d'Adjarra figure la croissance démographique, les mouvements migratoires et la disponibilité des infrastructures sociocommunautaires comme la structuration de l'espace.

3.1.2.1 Dynamique de la population de 1979 à 2024

La commune d'Adjarra connaît une augmentation rapide de la population de 1979 à 2013. En effet, la commune d'Adjarra qui comptait environ 30 074 habitants en 1979. Cet effectif est passé à 46 427 habitants en 1992 puis à 60 112 habitants en 2002. Au dernier RGPH de mai 2013, la population de la commune d'Adjarra est estimée à 97 424 habitants (figure 5).

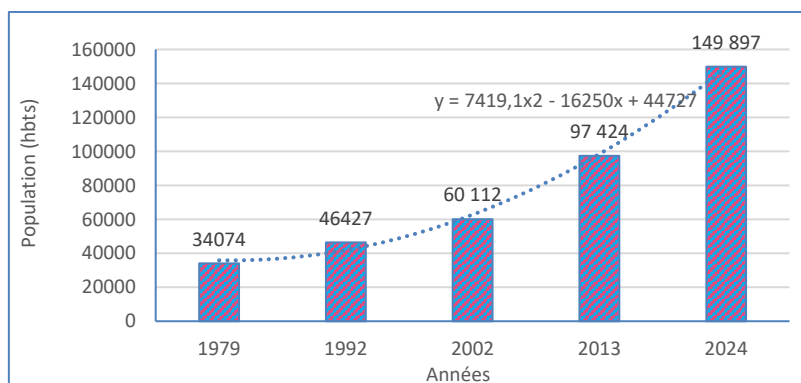


Figure 5 : La figure 5 présente l'évolution de la population d'Adjarra de 1979 à 2023. (Source : INStAD, RGPH 1 à 4 + projection 2024).

Il ressort de l'analyse de la figure 5 que de 1979 à 2013, la population de la commune d'Adjarra a connu une croissance ascendante. Cette croissance démographique constatée dans la commune d'Adjarra est la résultante de l'accroissement naturel et des migrations, ce qui explique la pression sur les terres. Les projections prévoient une population estimée à 149 897 habitants. Cette évolution de la population s'explique par la situation géographique de la commune d'Adjarra avec sa proximité de la grande ville de Porto-Novo dont l'espace urbain saturé refoule les populations vers les zones périphériques où les coûts liés à l'installation humaine (prix d'achat de parcelle, loyer) sont relativement moins chers.

3.1.2.2 Mouvements migratoires

La migration apporte sa part dans l'accroissement de la population de la commune d'Adjarra. En effet, les résultats du dernier RGPH de 2013 placent la commune d'Adjarra en quatrième position des communes du département de l'Ouémé ayant le nombre le plus élevé d'immigrant. Le tableau 1 présente le point des migrations dans la commune d'Adjarra en 2013.

Tableau 1 : Point des migrations dans la commune d'Adjarra

| Migrants | Effectifs | Proportion (%) |
|-------------------------|-----------|----------------|
| Immigrés | 12 340 | 12,67 |
| Internes | 11 482 | 93,05 |
| Externes | 858 | 6,95 |
| Emigrés | 2 882 | 2,96 |
| Solde migratoire | 9 458 | - |

(Source : INSAE, RGPH4 + calculs personnels).

La lecture du tableau 1 permet de constater qu'au dernier RGPH, la commune d'Adjarra avait un taux de migration au plan départemental qui est estimé à 16,77 %, ce qui la place au quatrième rang des communes de l'Ouémé (après Sèmè-Podji, Porto-Novo et Akpro-Misséréti) dont le taux de migration est élevé. Les immigrants sont estimés à 12 340 soit 12,67 % de la population totale en 2013. Les immigrants internes, 11 482 représentent 93,05 % immigrants de la commune. Il en découle donc que les mouvements migratoires dans la commune d'Adjarra sont dominés par les immigrations, notamment internes, c'est-à-dire des autres villes du Bénin vers la commune d'Adjarra avec une contribution importante à l'accroissement de la population.

3.1.2.3 Densité de la population de la commune d'Adjarra de 1992 à 2024

La croissance de l'effectif de la population constitue un facteur de pression sur l'espace communal car le nombre d'habitant au mètre carré est aussi en pleine croissance. Le tableau 2 présente l'évolution de la densité de la population dans la commune d'Adjarra de 1992 à 2024.

Tableau 2 : Evolution des densités de la population dans la commune d'Adjarra de 1992 à 2024.

| Arrondissements | 1992 | 2002 | 2013 | 2024 |
|-----------------|------|------|------|------|
| Aglogbè | 295 | 338 | 592 | 788 |
| Malanhoui | 1247 | 1643 | 3153 | 4276 |
| Médédjonou | 735 | 872 | 1340 | 1727 |
| Honvié | 1390 | 1939 | 2990 | 3865 |
| Adjarra2 | 794 | 950 | 1488 | 1873 |
| Adjarra1 | 1437 | 2163 | 3056 | 3766 |

(Source : INStad, RGPH 1, 2, 3, 4 + projection).

La lecture du tableau 2 permet de constater une évolution de la densité de la population sur toute la période de 1992 à 2024 dans la commune d'Adjarra. Cette évolution démontre que le milieu est pleine mutation. En effet, la pression sur les terres augmente de jour en jour à cause des besoins individuels d'habitation. Les figures 6 et 7 présentent la densité de la population dans la commune d'Adjarra de 1992 à 2024.

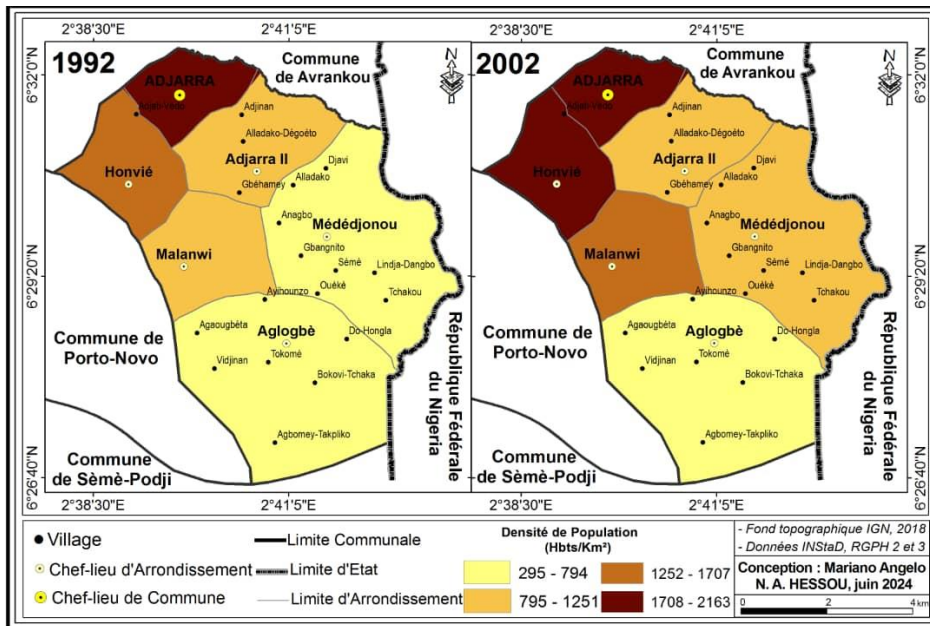


Figure 6 : La figure 6 présente la densité de la population de 1992 à 2002 dans la commune d'Adjarra.

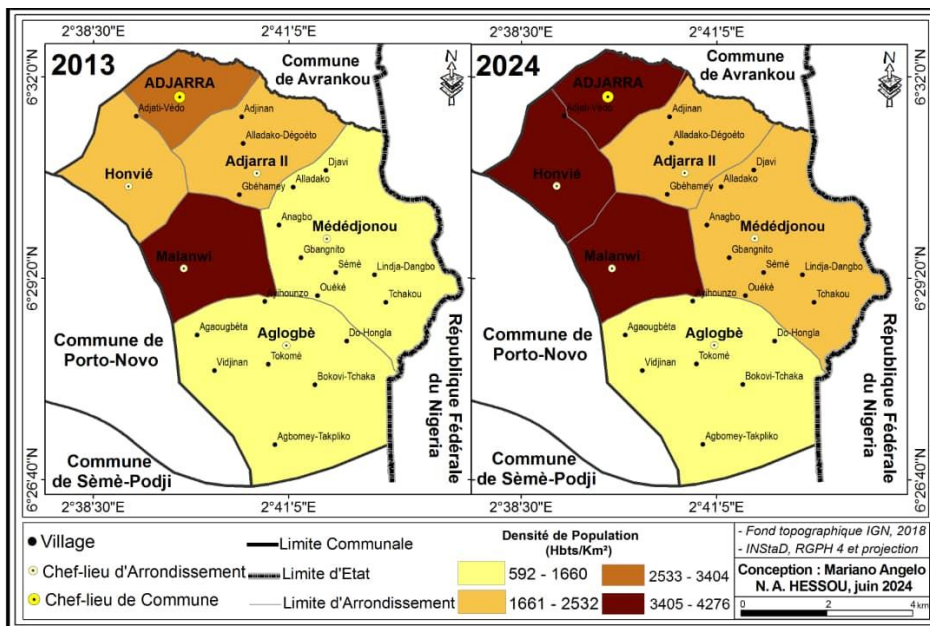


Figure 7 : La figure 7 présente la densité de la population de 2013 à 2024 dans la commune d'Adjarra.

Les figures 6 et 7 montrent que les densités de la population ont connu une évolution dans tous les arrondissements de la commune d'Adjarra de 1992 à 2002. De 1992 à 2002, les arrondissements d'Adjarra I, Honvié et Malanhoui sont ceux dont les densités sont plus élevées et comprises entre 1252 – 2163 hab/km². S'en sont suivis les arrondissements d'Adjarra II, Médédjonou et d'Aglogbè qui ont enregistré des densités comprises entre 295 et 794 hab/km² au cours de la même période. Entre 2013 et 2024, la tendance est maintenue avec une légère domination de la densité de la population des arrondissements de Malanhoui, Honvié et d'Adjarra I dont les densités sont comprises entre 3405 et 4276 hab/km. Au même moment, les arrondissements d'Adjarra II et Médédjonou ont une densité comprise entre 1661 – 2533 hab/km². Il en ressort que c'est l'arrondissement d'Aglogbè qui demeure le seul ayant une densité relativement faible. Les fortes densités de la population constatées dans la commune d'Adjarra expliquent la pression sur les terres du fait l'achat des terrains et l'accroissement des habitations. La forte densité d'occupation des terres favorise la disparition progressive des terres cultivables. En un mot, la densité de la population constitue un facteur déterminant des transactions foncières et de la dynamique spatiale.

3.1.3 Accessibilité aux services sociaux de base comme déterminant de la dynamique foncière dans la commune d'Adjarra : Les services sociaux de base constituent l'un des déterminants de la dynamique foncière dans la commune d'Adjarra. Ce qui justifie les mutations spatiales, la dynamique périurbaine et la marchandisation accrue des terres dans le milieu.

3.1.3.1 Disponibilité des infrastructures sociocommunitaires dans la commune : La réalisation des infrastructures sociocommunitaires apparaît comme un déterminant de la dynamique de l'occupation des terres dans la commune d'Adjarra. En effet, la commune dispose des écoles, des centres de santé, ce qui participe de la densification des agglomérations et des échanges commerciaux. La figure 8 présente la répartition spatiale des infrastructures sociocommunitaires dans la commune d'Adjarra.

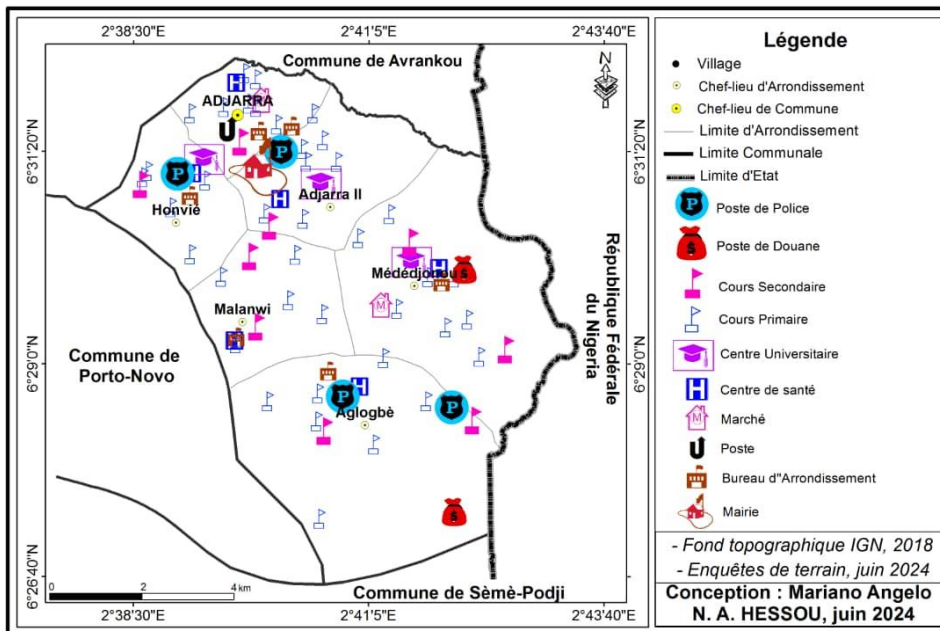


Figure 8 : La figure 8 présente la spatialisation des infrastructures sociocommunitaires dans la commune d'Adjarra.

L'observation de la figure 8 permet de constater que la commune d'Adjarra dispose de plusieurs infrastructures sociocommunitaires. On peut citer : les écoles, les centres de santé, les services administratifs, les marchés, les bureaux d'arrondissement, les postes de la police et de la douane. Ces différentes infrastructures facilitent l'installation humaine, la construction des habitations, le processus d'urbanisation, la marchandisation accrue des terres et la vente des parcelles. La figure 9 montre quelques infrastructures sociocommunitaires dans la commune d'Adjarra.



Figure 9 : Quelques infrastructures sociocommunitaires dans la commune d'Adjarra. (Prise de vues : M. A. N. A. Hessou, Août 2024).

La construction des infrastructures sociocommunitaire constitue un facteur déterminant de la dynamique foncière dans la commune d'Adjarra. Ce qui explique la pression démographique. Comme on peut le constater, la dynamique foncière est due en partie à la réalisation des infrastructures sociocommunitaires dans la zone d'étude.

3.1.3.2 Réseau d'adduction d'eau potable : La disponibilité de l'eau potable est un vecteur de la dynamique du développement, ce qui engendre l'extension des agglomérations aussi bien dans les zones urbaines que rurales (figure 10).



Figure 10 : Château d'eau de la commune d'Adjarra. (Prise de vue : M. A. N. A. Hessou, Août 2024).

L'observation de la figure 10 permet de constater le château potable de la commune d'Adjarra facilitant l'installation des populations, ce qui engendre la disparition progressive de l'agriculture en raison de la mutation des terres agricoles en terres bâties. Actuellement, les transactions foncières évoluent à un rythme effréné et conduisent à la dégradation de l'environnement.

3.1.3.3 Réseau d'énergie électrique : La mise en place du réseau électrique apparaît comme un déterminant de la dynamique foncière. La planche montre des lignes électriques installées dans la commune d'Adjarra.



Figure 11 : Extension du réseau électrique dans la commune d'Adjarra. (Prise de vues : M. A. N. A. Hessou, Août 2024).

L'observation de la figure 11 permet de constater la mise en place du réseau électrique dans la commune d'Adjarra, ce qui favorise l'extension des surfaces bâties. Les travaux du réseau électrique sont stimulateurs des mutations spatiales, car ils attirent de nouveaux résidents conduisant à de nouvelles habitations en construction. La disponibilité du réseau électrique et du réseau d'adduction d'eau potable joue un rôle essentiel dans la dynamique foncière de la commune d'Adjarra. Ces éléments de viabilisation de la zone contribuent à l'amélioration des conditions de vie de la population, ce qui influence l'extension des zones périurbaines. En définitive, la disponibilité de l'électricité et de l'eau potable est un facteur déterminant du développement de la commune d'Adjarra, ce qui stimule l'afflux des populations vers le milieu selon 87,53 % des enquêtés.

Comme on peut le constater, les services sociaux de base constituent en partie des principaux facteurs des dynamiques foncières, car ils attirent les citoyens à s'installer dans le milieu, ce qui stimule la construction de nouvelles habitations et l'arrivée de nouveaux résidents. Cet état de fait entraîne les nouvelles dynamiques foncières.

3.1.3.4- Modernisation du réseau routier : Les différents aménagements routiers réalisés dans la commune d'Adjarra constituent des facteurs déterminants du développement, ce qui facilite la mobilité des populations, des biens et les échanges commerciaux (figure 12).



Figure 12 : Aperçu des travaux d'aménagement routier dans la commune d'Adjarra. (Prise de vue : M. A. N. A. Hessou, Août 2024).

L'aménagement du réseau routier engendre la croissance démographique et la dynamique foncière du milieu de recherche. Ce qui change les rues. Le commerce de détail se poursuit. On y observe une agence immobilière dans la commune d'Adjarra, ce qui fait observer la pression foncière et l'évolution des habitations (figure 13).



Figure 13 : Aperçu d'une agence immobilière et installation humaine dans la commune d'Adjarra. (Prise de vues : M. A. N. A. Hessou, Août 2024).

La pression humaine et l'existence d'une agence immobilière facilitent l'accès à la terre des étrangers. Ainsi, la commune d'Adjarra subit de fortes transformations résultant de la croissance démographique, de la périurbanisation et des mutations spatiales.

3.1.4 Dynamique de l'occupation des terres : La croissance démographique et la forte demande en terre à bâtir dans la commune d'Adjarra induisent une dynamique dans l'occupation des terres. En effet, le rythme du développement des habitations conduit de plus en plus à la disparition des terres cultivables du fait des pratiques de gestion des terres. Les figures 14 et 15 rendent compte de la répartition spatiale des différentes unités d'occupation des terres dans la commune d'Adjarra en 2002 à 2024.

L'analyse des données présentées dans les figures 14 et 15 révèle des mutations significatives dans l'occupation des sols, principalement attribuables à l'augmentation des transactions foncières. En 2002, l'expansion résidentielle a débuté le long de la route inter-États, notamment dans les arrondissements de Honvié et d'Adjarra I. Cette expansion est marquée par l'édification progressive de nouvelles habitations à partir de cette infrastructure clé. D'ici 2024, la croissance résidentielle s'est intensifiée dans toutes les zones urbaines et rurales, favorisée par la disponibilité accrue des équipements urbains, les besoins fonciers croissants, et l'expansion du commerce des matériaux de construction. Cette dynamique a conduit à une réduction notable de la couverture végétale naturelle, comme en témoigne la diminution des surfaces de végétation observée dans les données.

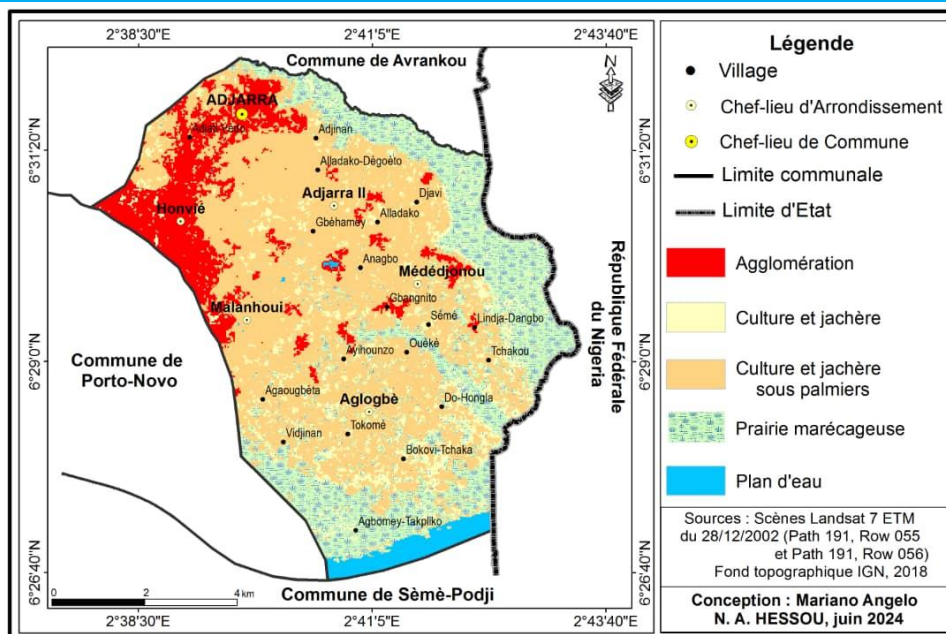


Figure 14 : La figure 14 présente l'occupation des terres dans la commune d'Adjarra en 2002

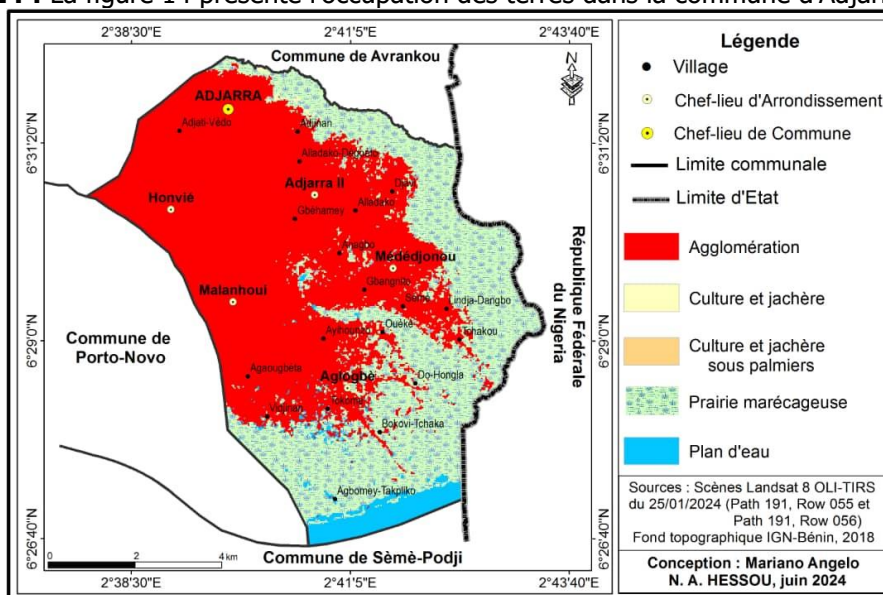


Figure 15 : La figure 15 présente l'occupation des terres dans la commune d'Adjarra en 2024.

Le Tableau 3 illustre la dynamique de l'occupation des terres dans la commune d'Adjarra, montrant une transition claire vers une urbanisation accrue et une transformation des terres agricoles en zones résidentielles. Les résultats indiquent que cette évolution est directement liée à la croissance des habitations et à l'évolution des pratiques foncières dans la région.

Tableau 3: Synthèse de la superficie des unités d'occupation du sol entre 2002 et 2022.

| Unités d'occupation du sol | Etat en 2002 | | Etat en 2024 | | Bilan 2002-2024 | |
|---|--------------|------------|--------------|------------|-----------------|--------|
| | Superficie | | Superficie | | Superficie | |
| | Ha | % | Ha | % | Ha | % |
| Agglomération | 692 | 9,23 | 4329 | 57,72 | 3637 | 48,49 |
| Culture et jachère | 2131 | 28,41 | 1165 | 15,53 | -966 | -12,88 |
| Culture et jachère sous palmiers | 3006 | 40,08 | 794 | 10,59 | -2212 | -29,49 |
| Prairie Marécageuse | 1513 | 20,17 | 1055 | 14,07 | -458 | -6,10 |
| Plan d'eau | 158 | 2,11 | 158 | 2,11 | 00 | 00 |
| Total | 7500 | 100 | 7500 | 100 | - | - |

(Source : Résultats des classifications des images satellitaires Landsat 7 ETM et OLI-TIRS de 2002 et 2024)

La lecture du tableau 3 révèle que cinq (05) unités d'occupation des terres ont été identifiées. Les agglomérations dominent dans la zone d'étude et leur superficie est passée de 692 ha en 2002 à 4329 ha en 2024, soit 57,72 %. Les cultures et jachères sous palmiers ont connu de diminution en passant de 3006 ha en 2002 à 794 ha en 2024 soit un taux de variation de 10,59 %. Les formations marécageuses sont passées de 1513 ha à 1055 ha. Quant aux cultures et

jachères, elles sont passées de 2131 ha à 1165 ha. Les plans d'eau n'ont pas connu de variation de leur superficie qui couvrent seulement 2,11 % de la zone d'étude. De façon générale, la dynamique de l'occupation des terres révèle la quasi-disparition des formations naturelles au profit des formations anthropiques.

4. DISCUSSION

Les résultats de cette recherche offrent une vue d'ensemble des facteurs influençant la dynamique foncière dans la commune d'Adjarra, en intégrant des éléments biophysiques ainsi que des facteurs humains et sociaux. Les données recueillies montrent que les transactions foncières observées jouent un rôle crucial dans la transformation et l'occupation des terres dans cette région. Ces résultats sont en accord avec les conclusions de Hessou (2024) [4], qui souligne que les caractéristiques naturelles telles que le climat, la nature des sols, et le relief jouent un rôle prépondérant dans la facilitation de l'installation humaine et de l'urbanisation rapide. Hessou (2024) [4] démontre que ces facteurs naturels favorisent la croissance urbaine et la densification des échanges commerciaux en rendant certaines zones plus attrayantes pour l'installation et les activités économiques.

Cette étude met également en lumière l'influence des mouvements migratoires, des pratiques de gestion des terres, de la construction d'infrastructures sociocommunautaires, et de l'organisation socio-économique des populations sur les mutations spatiales et la dynamique urbaine à Adjarra. La croissance démographique et la périurbanisation exacerbent la demande de terres, conduisant à une consommation accrue de ces espaces pour répondre aux besoins résidentiels et aux projets d'infrastructure. Cette tendance est corroborée par les résultats de Honvo (2021) [5], qui a étudié les mutations socio-spatiales, les territorialités et les enjeux économiques dans le Sud du Plateau de Sakété, au Bénin [4]. Selon Honvo et Aser (2021) [5], la disponibilité des ressources foncières, associée à des facteurs naturels et humains, joue un rôle déterminant dans les changements socio-spatiaux observés dans cette région.

De plus, l'analyse des pratiques de gestion des terres révèle des défis importants liés à la régulation foncière, à la sécurisation des droits de propriété et à la gestion durable des ressources. L'expansion rapide des zones urbaines et la conversion des terres agricoles en espaces résidentiels mettent en évidence la nécessité d'une planification urbaine intégrée et de politiques de gestion foncière adaptées pour répondre aux enjeux de durabilité et d'équité. L'absence d'un cadre structuré pour l'analyse et la gestion des dynamiques foncières, comme le souligne [4], complique la mise en œuvre de stratégies efficaces pour atténuer les impacts négatifs de l'urbanisation sur l'environnement et les communautés locales. En effet, les résultats de la présente étude corroborent les observations antérieures en montrant que les interactions complexes entre les facteurs biophysiques, les dynamiques sociales et économiques sont essentielles pour comprendre la transformation de l'occupation des sols à Adjarra. Ces éléments doivent être pris en compte dans les politiques d'aménagement du territoire et de gestion foncière afin de promouvoir un développement urbain durable et équitable.

5. CONCLUSION

La commune d'Adjarra subit depuis quelques années de fortes pressions résultant de la croissance démographique, des transactions foncières et des mutations spatiales, ce qui justifie la dynamique spatiale observée. Cette situation est en partie due à la saturation de l'espace urbain de Porto-Novo qui ne peut plus offrir d'espaces habitables. En effet, les caractéristiques climatiques, la nature des sols ainsi que le relief moins contraignant sont autant de facteurs qui favorisent la dynamique foncière dans la commune d'Adjarra. Au plan humain, les mouvements migratoires avec un taux d'immigration de 12,67 % participent à l'augmentation de l'effectif de la population d'Adjarra. Aussi, faut-il signaler que les travaux d'aménagement notamment la modernisation du réseau routier, l'extension du réseau électrique et d'adduction d'eau potable dans la commune constitue les facteurs importants de la dynamique foncière dont la superficie des habitations est passée de 692 ha en 2002 à 4329 ha en 2024, soit 57,72 % des unités d'occupation des terres dans la commune. Cette situation induit une consommation effrénée des terres. Cela a des répercussions sur les ressources ligneuses.

Cette recherche met en lumière les facteurs qui expliquent la dynamique foncière dans la commune d'Adjarra. Ce qui participe à la densification des échanges commerciaux. Cela explique la disparition progressive des terres cultivables par les occupations humaines. L'habitat devient de plus en plus dense à cause de la vente accrue des terres. Face à ces incidences, il urge de limiter les ventes de parcelles pour les constructions dans les zones agricoles. Faudrait-il élaborer et mettre en œuvre les documents de planification territoriale (schéma directeur d'aménagement communal, plan directeur d'urbanisme) en vue d'une gestion durable de la ressource terre dans la commune d'Adjarra.

6. RÉFÉRENCES

1. Durand-Lasserve A, Selod H. Land Delivery Systems in West African Cities. Washington, DC: World Bank Publications; 2015. 130 p.
2. Institut National de la Statistique et de l'Analyse Économique (INSAE). 2022.

3. Chauveau JP, Colin JP, Jacob JP, Lavigne Delville P, Le Meur PY. Changes in land access and governance in West Africa: markets, social mediations and public policies. Research Report. London: International Institute for Environment and Development (IIED); 2006. Report No.: hal-03078111. Available from: <https://hal.science/hal-03078111/document>
4. Hessou MANA. Marchés fonciers et mutations spatiales dans les communes d'Adjarra et d'Avrankou (Sud-Bénin). Etat des lieux et défis [Doctoral thesis]. Université d'Abomey-Calavi; 2024. 358 p.
5. Honvo ZSA. Mutations socio-spatiales, territorialités et enjeux économiques au Sud du Plateau de Sakété (Bénin) [Doctoral thesis]. Université d'Abomey-Calavi; 2021. 328 p.



Mariano Angelo Nonvignon Akanni HESSOU, Pamphile HOUNDJI et Sylvain Ahotondji VISSOH. Analyse Multifactorielle des Transformations Foncières dans La Commune D'adjarra (Bénin) : Étude Socio-Economique et Spatiale (2002-2024). *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2024; 19(2): 42-56. Doi : 10.5281/zenodo.13359243

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

Theoretical Study of Water Dissociation on Aluminum (100) Surface using Density Functional Theory

| Dimbimalala, Randrianasoloharisoa ^{1*} | Herimanampisoa, Randrianarinjaka ¹ | and | Georgette, Ramanantsizehena ¹ |



¹ Université d'Antananarivo | Département de Physique | Laboratoire de Physique de la Matière et du Rayonnement | Antananarivo | et Madagascar |

| DOI: 10.5281/zenodo.13354320 | | Received July 19, 2024 | | Accepted August 21, 2024 | | Published August 24, 2024 | | ID Article | Dimbimalala-Ref07-2-19ajiras190824 |

ABSTRACT

Background: The background is well-stated and accurately describes aluminum as a widely abundant, metallic catalyst used in heterogeneous catalysis applications. **Objectives:** The objectives are clearly defined and focused on the theoretical study of water (H₂O) adsorption and dissociation on the (100) surface of a cubic, face-centered aluminum (Al) structure. **Methods:** The methods section provides a comprehensive overview of the computational approach used in this study. The details about the use of density functional theory (DFT), the Dacapo code, and the Nudged Elastic Band (NEB) method for determining the reaction pathway are all clearly explained. **Results:** The results section summarizes the key findings of the study, including the adsorption energies for H₂O, H, and OH, as well as the calculated energy barrier for the dissociation of H₂O into H+OH on the Al(100) surface. **Conclusions:** The conclusions drawn from the results are reasonable and well-supported. The authors highlight the stability of the dissociatively adsorbed H and OH species compared to the molecularly adsorbed H₂O, suggesting the feasibility of water dissociation on the Al(100) surface. However, the authors also note the relatively high energy barrier for the dissociation process, which could indicate the need to explore alternative reaction pathways or the use of aluminum alloys.

Keywords: density functional theory, DACAPO, Nudged Elastic Band, water, aluminum, adsorption, dissociation.

1. INTRODUCTION

Catalysis is a crucial field of research, with significant implications for various industries such as petrochemicals, agri-food, and pharmaceuticals. Over 90% of industrial chemical products are manufactured with the aid of catalysts [1,2]. The study of catalytic materials and their properties has become a strategic area of focus, as there is a growing demand for efficient processes that can minimize synthesis steps while maximizing productivity. Adsorption, a surface phenomenon whereby gas or liquid molecules adhere to the solid surfaces of adsorbents, is a fundamental aspect of many catalytic processes. Two distinct types of adsorption are recognized: physical adsorption (physisorption), where the bonds are weak and the interactions are dominated by van der Waals forces, and chemical adsorption (chemisorption), in which the gas molecules and the substrate form covalent or ionic bonds, creating new chemical species on the surface [3].

The dissociation of water (H₂O) molecules on metal surfaces is a critical process in various applications, such as hydrogen production and fuel cell technologies. Hydrogen is a promising alternative fuel, as its combustion with oxygen produces water as the only byproduct, making it a clean and sustainable energy source. However, the dissociation of water molecules on catalytic surfaces is a complex process that requires a deeper understanding of the underlying mechanisms. Aluminum (Al) is a widely abundant, inexpensive, and relatively non-toxic metallic element that has been explored for its potential in heterogeneous catalytic applications [4]. This work aims to contribute to the understanding of the physical and chemical properties of the free H₂O molecule, the adsorbed H atom, the free OH fragment, and the adsorbed OH species on the Al(100) flat surface. The adsorbate-surface interactions and the reaction process of H₂O dissociation will be studied using ab initio methods based on density functional theory (DFT), specifically the Dacapo code (Danish ab initio pseudopotential code), which employs pseudopotential approximation and a plane-wave basis set.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Computational method

In this work, we utilized the Dacapo program grounded in Density Functional Theory (DFT) employing a plane wave basis set [5,6]. The ionic cores are simulated by using ultrasoft pseudopotentials developed by Vanderbilt (1990) [7]. The self-consistent solution of the Kohn-Sham one-electron equations was pursued, employing GGA functional parameterized by Perdew-Wang (GGA-PW91) for the exchange-correlation part [8,9]. Geometry optimization was conducted by using the BFGS method and all forces are calculated by using the Feynman theorem (1939) [10]. Brillouin zone sampling utilized generation of k-points using the Monkhorst and Pack method (1976) [11]. In our calculations, the force gradient threshold must be less than or equal to 0.05 eV/Å.

The important two parameters left to determine to carry out the simulation are the cutoff energy, which is proportional to the number of plane waves used to develop the system's Hamiltonian, and the number of k-points used. The cutoff energy must be sufficient to accurately represent the electronic system and ensure good total energy precision. In the case of transition metals, Baraldi et al., (2004) [12] suggested that a cutoff energy of 340eV is sufficient. Since this value depends

on the chemical species used in the calculations, in this work, we considered a cutoff energy of 350 eV. Next, determining the k-point density is necessary for the convergence of the total energy of the system. The higher this density, the better the precision in the calculations, but the calculation time becomes much longer. For a (2x2) cell of Ni(111), Haroun (2007) [13] estimated a k-point density of (5x5x1). The same result was found by Moussounda (2006) [14] in his study on a (2x2) cell of Pt(100). Thus, we also chose the same k-point density (5x5x1) for all the calculations in this work.

2.2 Parameters related to the supercell

Since the DACAPO code is based on DFT, plane waves, and pseudopotentials, it requires a system invariant by translation according to Bloch's theorem. In the case of a surface, where translation invariance is no longer respected along the (Oz) direction, it is necessary to insert empty space to preserve 3D periodicity for study in space. The system to be studied is then represented by the repetition of a supercell, as shown in figure 1, containing a finite number of atomic planes, called slab, and empty space. The system becomes periodic by translation in all three directions, but the height of the empty space and the thickness of the slab are two important parameters in the calculations.

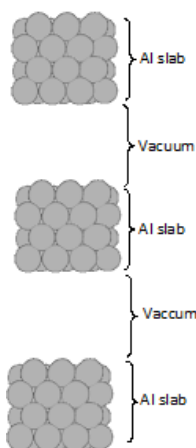


Figure 1: The figure shows the principle of supercell.

To form the slab, the number of atomic planes is chosen so that the interaction between the two faces of the slab is negligible. Here, the slab consists of stacking Al(100) planes along the (Oz) direction. The minimum thickness of this slab is determined by increasing the number of planes while keeping the height of the vacuum constant until the variation of the total energy per layer equals the cohesion energy of the crystal. This allowed us to take a slab of four layers for our calculation. The empty space separating two successive slabs must be wide enough so that the interactions between the slabs become negligible. However, calculations involving a large cell size take longer. Therefore, a compromise is sought between canceling interactions and calculation time. For this reason, Haroun (2007) [13] suggested that the minimum slab-slab (vacuum) distance is 10 Å to eliminate this interaction. In this work, we chose a vacuum space distance of 12 Å.

2.3 Construction of the surface

In this work, we used a (2x2) lattice of the (100) plane of Al, as shown in figure 2. The choice of this cell is motivated by the enlargement of the adsorption surface of the H₂O molecule compared to a (1x1) lattice of aluminum.

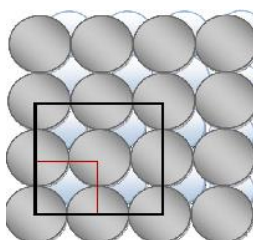


Figure 2: The figure represents a (2x2) surface of Al(100) (black square) and a (2x2) surface (red square).

2.4 Adsorption of H₂O

By convention, the adsorption energy of a H₂O molecule is defined by:

$$E_{ads} = E_{H_2O/Al} - [E_{H_2O} + E_{Al}] \quad (1)$$

Where:

$E_{H_2O/Al}$ represents the total energy of the {H₂O + Al} system,

E_{H_2O} is the total energy of the isolated H₂O molecule,

E_{Al} is the total energy of the isolated slab, i.e. Al substrate.

According to this definition, it should be noted that the negative value of the adsorption energy corresponds to a stable situation of the $\{\text{H}_2\text{O} + \text{Al}\}$ ensemble.

2.5 Co-adsorption of OH and H on Al(100) surface

The OH and H fragments jointly adsorbed on the Al(100) surface represent the final state of water molecule dissociation into H and OH. Using the same convention as in the previous case for the calculation of adsorption energy, we can write:

$$E_{ads} = E_{(OH+H)/Al} - [E_{H_2O} + E_{Al}] \quad (2)$$

Where:

$E_{(OH+H)/Al}$: represents the total energy of the $\{(OH+H) + \text{Al}\}$ system,

E_{H_2O} : is the total energy of the isolated H_2O molecule,

E_{Al} : is the total energy of the isolated slab, i.e. Al substrate.

2.6 NEB Method

The NEB (Nudged Elastic Band) method [15] aims to obtain a certain number of intermediate images of the water molecule along the reaction path. Each image evolves towards an optimal configuration, i.e., each image is relaxed to be in the state with the lowest possible energy while remaining equidistant from neighboring images. The NEB method allows to determine the activation energy, i.e. the energy necessary to pass the energy barrier to go from a stable configuration to another. To implement the NEB method for the dissociation reaction of the water molecule on the Al(100) surface, it is necessary to define the initial and final states of the dissociation: The initial state is represented by the state of the H_2O molecule in the gas phase adsorbed on the Al(100) surface, while the final state is the state of the system where the OH and H fragments are coadsorbed on the surface. The NEB program can then be set in motion to reproduce the reaction pathway, going from the initial state to the final state, i.e., the transition from $\text{H}_2\text{O}/\text{Al}(100)$ to $(\text{OH}+\text{H})/\text{Al}(100)$. The N configurations required to transition from the initial configuration to the final configuration are calculated ab initio for each, with geometric relaxations of the adsorbed molecule and the first plane of Al. We fixed number of configurations set to 10, including the initial and final states.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Lattice parameter of aluminum

Aluminum is a metal with a face-centered cubic (fcc) crystallographic structure. To determine the lattice parameter, we consider a three-dimensional crystal of aluminum. We calculate the energy of the unit cell for different parameter values to identify the value that would minimize this energy. According to the simulation, the minimum energy corresponds to a crystal parameter of 4.045 Å. This value is very close to that found by Witt (1967) which is 4.049 Å. [16]

3.2 Adsorption of H_2O

3.2.1 Geometric structures and adsorption energy: Before performing adsorption of H_2O on Al(100) surface, we begun by considering the characteristics of isolated H_2O molecule. Distances between oxygen atom with each hydrogen atom denoted H(1) and H(2) are the same and equal to 0.978 Å. Distance between the two hydrogen H(1) and H(2) is equal to 1.548 Å and the H-O-H angle is 104.51°. The shape of the H_2O molecule obtained is depicted in figure 3.

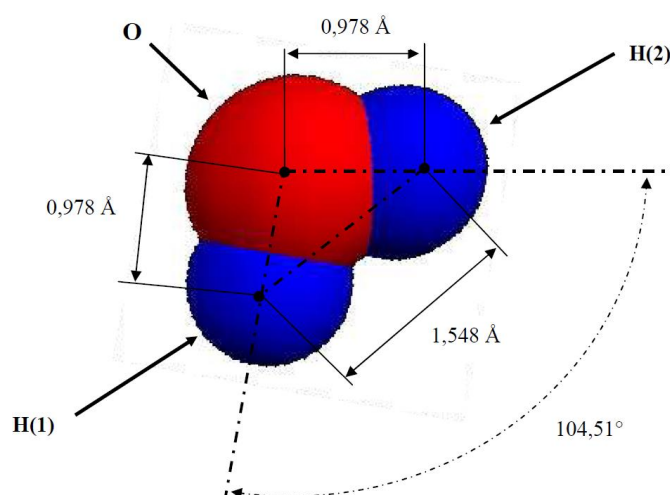


Figure 3: The figure presents geometric characteristics of a H_2O molecule

Other several studies have been conducted to obtain characteristics of H₂O molecule. The work of Hoy and Bunker (1979) provided the experimental value for the distance between the oxygen atom O and one of the hydrogen atoms H, denoted as O-H, which is 0.959 Å, and the H-O-H angle, which is 105° [17]. Giuliana Materzanin et al., (2005) obtained theoretical values of 0.972 Å for the O-H distance and 105.2° for the H-O-H angle [18]. Xantheas and Dunning (1993) found 0.959 Å and 104.3° [19]. Finally, Rakotvelo (2008) found values of 0.980 Å and 104.3° [20].

Table 1 summarizes our calculation results compared with those of others authors.

Table 1: This table shows the values obtained in this work with those of other researchers.

| | Hoy et al., (1979) [17] | Giuliana et al., (2005) [18] | Xantheas et al., (1993) [19] | Rakotvelo (2008) [20] | Our results |
|-------------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------|
| Distance O-H (Å) | 0.959 | 0.972 | 0.959 | 0.980 | 0.978 |
| Angle H-O-H (°) | 105 | 105.2 | 104.3 | 104.3 | 104.51 |

We observe that the results obtained are in good agreement with these values. For the distance O-H, the deviation observed from the experimental value of Hoy et al., (1979) is 1.9%, it is 0.6% compared to the results of Giuliana et al., (2005), 1.9% compared to Xantheas et al., (1993), and 0.2% compared to results of Rakotvelo (2008) [17,18,19,20].

The total energy of the H₂O molecule obtained is E_{H₂O} = -469.523 eV. We notice that the result obtained for the energy is in good agreement with that found by Rakotvelo (2008) which is -469.533 eV [20]. The calculated energy of clean Al surface is E_{Al} = -900.126 eV and the energy of H₂O/Al system is E_{H₂O/Al} = -1369.915 eV. From this value of energies, we calculated the adsorption energy of H₂O on Al surface with the equation (1) and we obtained E_{ads} = -0.266 eV.

After the determination of parameters of isolated H₂O, we studied the adsorption of this molecule on the Al surface. At the initial state, we placed the H₂O molecule on the hollow site of Al, such that the O atom is positioned above the surface plane and in the center of four Al atoms, and H(1), H(2), and O are in the same horizontal plane, meaning that the O-H(1) and O-H(2) bonds are parallel to the surface of Al(100). Figure 4 shows this configuration before and after geometry optimization.

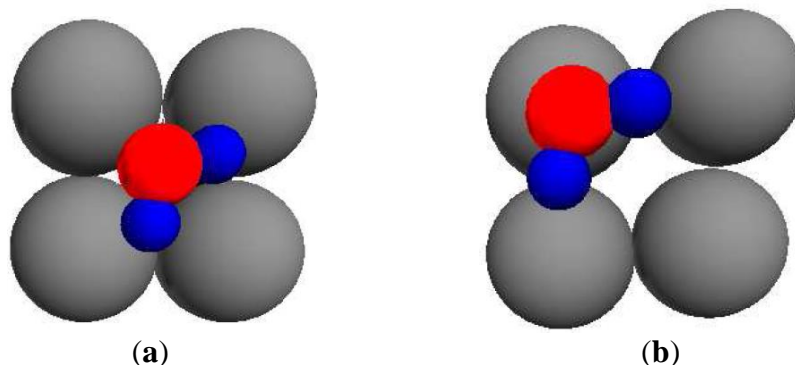


Figure 4: The figure presents a top view of the H₂O configuration adsorbed on Al(100) surface. The red spheres represent O atoms, the blue spheres the H atoms, the gray spheres the Al atoms. (a) before geometric optimization and (b) after geometry optimization.

After optimization, we observe that the H₂O molecule moves from hollow site to the nearest apical site. Regarding the geometry of the adsorbed molecule, the two O-H bonds are slightly elongated, by approximately 0.02 Å compared to their values in the free molecule. The H-O-H angle of the molecule has deviated slightly, approximately 0.5° compared to that of the free molecule. Table 2 summarizes the geometry of the free relaxed H₂O molecule and the adsorbed one.

Table 2: This table shows the geometry of the H₂O molecule in free and adsorbed states.

| | H(1)-H(2) distance (Å) | O-H(1) distance (Å) | O-H(2) distance (Å) | H(1)-O-H(2) angle (°) |
|--------------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| Free H₂O | 1.548 | 0.978 | 0.978 | 104.51 |
| Adsorbed H₂O | 1.581 | 0.992 | 0.994 | 105.02 |

The study of structural parameters shows that the molecule in the gas phase undergoes some changes compared to its free state. Indeed, the H-O-H angle deviates slightly by 0.5° compared to that in the free state. There is also an elongation of the O-H(1) bond, ranging from 0.978 Å to 0.992 Å, and that of the O-H(2) bond, ranging from 0.978 Å to 0.994 Å. These changes indicate an interaction between the Al surface and the H₂O molecule.

3.2.2 Electronic structures

First, we analyze the local density of states of the oxygen of free and adsorbed H₂O molecule. In figure 5, we represent the densities of states of the (s + p) orbitals of the oxygen of free and adsorbed H₂O molecule, to clearly demonstrate the interaction of this molecule with the considered surface.

In this figure 5, we observe a difference between the LDOS of the adsorbed H₂O molecule's oxygen and that in the gas phase. Indeed, there is a decrease in the intensity of the peak of oxygen, especially the one located at -2.12 eV for H₂O/Al, compared to the intensity of the peak of oxygen of the isolated molecule. We also notice a displacement of about 3 eV of the LDOS of the adsorbed H₂O oxygen towards lower energies. The broadening of the peak at -6 eV can be explained by the involvement of the oxygen 2p electrons in the surface-molecule interaction. The results of the Al surface LDOS analysis are depicted in figure 6. It represents the LDOS of the aluminum p_z orbital in the clean surface and with the adsorbed H₂O molecule.

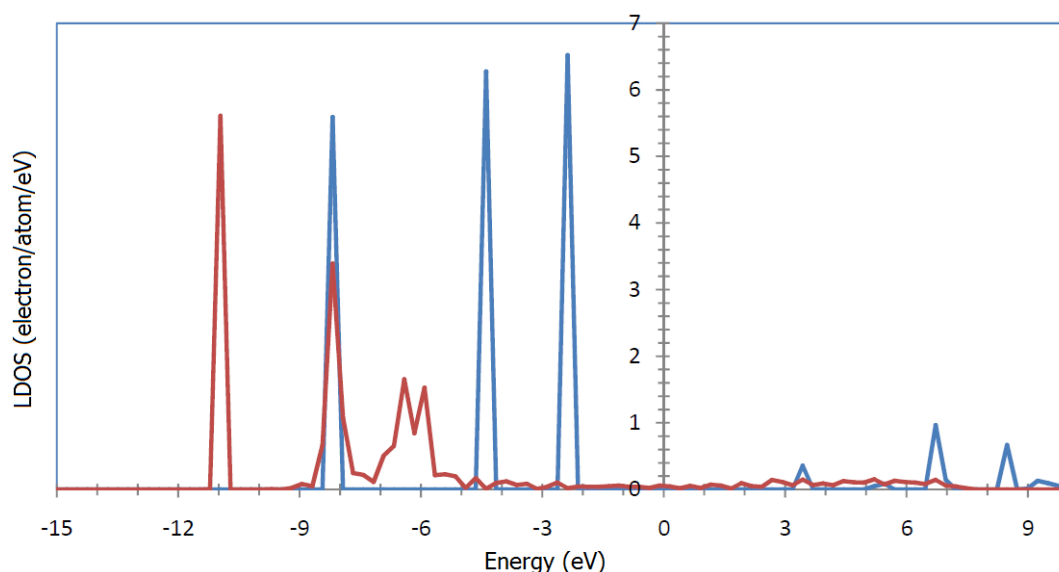


Figure 5: The figure presents the densities of states of the oxygen of free H₂O (blue curve) and adsorbed H₂O (red curve), (**eV**: Electron Volt).

In figure 6, the most remarkable feature lies between -8.5 eV and -4.5 eV. There is an increase in the intensity of the peaks of Al on the surface occupied by the molecule, compared to that of Al on the clean surface. This increase indicates the involvement of the p_z orbital electrons in the interaction with the H₂O molecule. Additionally, there is an overall decrease in intensity of the spectrum between -4 eV and +5 eV. Finally, the results of the study of the local density of states of hydrogen are shown in figure 7. Since H(1) and H(2) presented similar results for the LDOS, we present only the LDOS of one hydrogen of the adsorbed H₂O and free H₂O.

In figure 7, the remarkable difference in the LDOS of H of adsorbed H₂O compared to that in the gas phase is the shift of about 3 eV of the most intense peaks, at -8.18 eV, towards lower energies, located at -10.95 eV, indicating the stabilization of states.

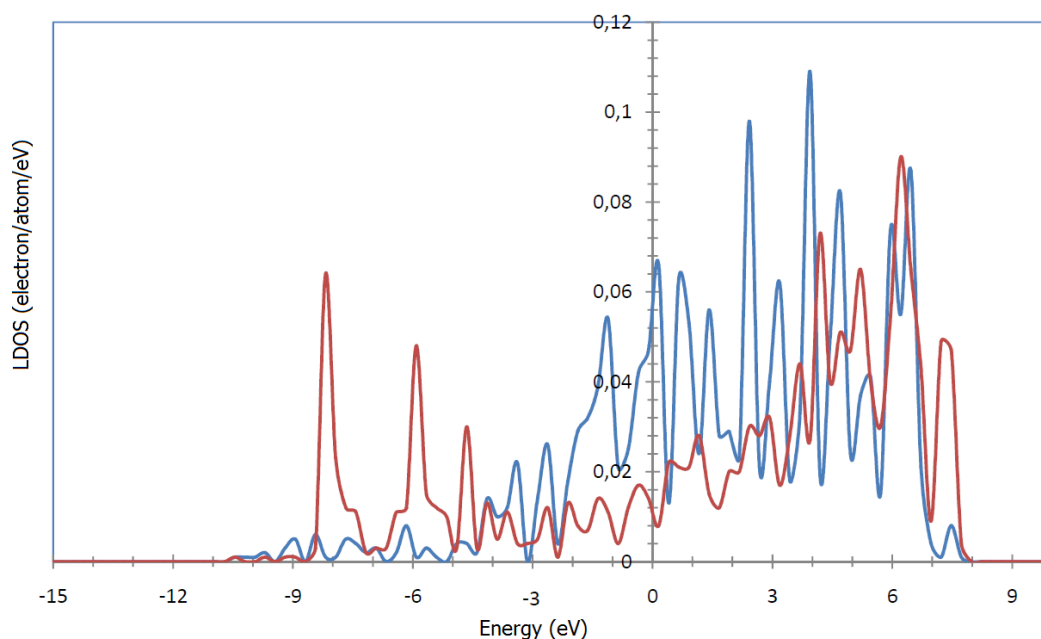


Figure 6: The figure presents the densities of states of aluminum on the clean surface (blue curve) and on the surface with the adsorbed molecule (red curve), (**eV**: Electron Volt).

From figures 5, 6 and 7, we noticed changes in the LDOS of the atoms of the adsorbed molecule compared to those of the atoms of the free molecule in the gas phase, as well as the LDOS of the occupied surface atom compared to that of the free surface atom. The most notable changes are the variation in peak intensity and the shift of the LDOS towards lower energies. These changes provide evidence of the existence of the interaction of the adsorbed H₂O molecule on the apical site of the Al(100) surface.

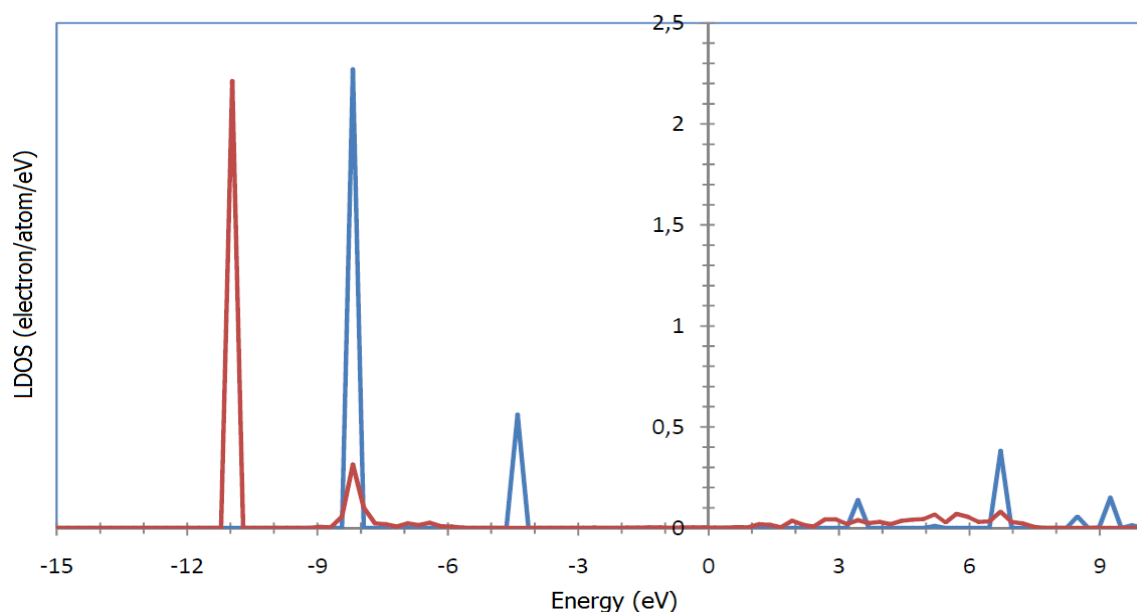


Figure 7: The figure presents the densities of states of one hydrogen of free H₂O (blue curve) and those of the adsorbed H₂O (red curve), (**eV**: Electron Volt).

3.3 Dissociated H₂O adsorption on the Al(100) Surface

3.3.1 Geometric structures and adsorption energy: Initially one H atom denoted H(1) is placed on the apical site of Al when the OH fragment is placed on other apical site. The O-H bond is parallel to the considered surface. Figure 8 illustrates this configuration.

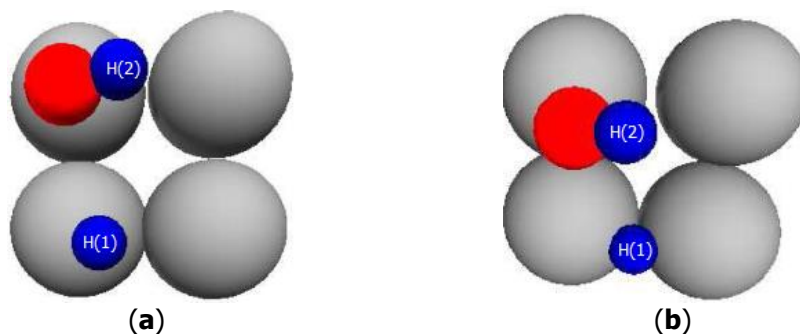


Figure 8: The figure presents a top view of coadsorbed OH and H on Al(100) surface. The red spheres represent O atoms, the blue spheres the H atoms, the gray spheres the Al atoms. (a) before geometry optimization and (b) after geometry optimization.

At the beginning of the calculation, hydrogen atom H(1) is on the apical site of Al with an Al-H distance of 1.96 Å. After geometry optimization, the H(1) atom moved towards the bridged site of the Al(100) surface to find its stable position. At this position, the distance between the H atom and the surface is 1.005 Å. For the OH fragment on the other apical site of Al, besides its displacement towards the bridged site, the important observation after geometry optimization is its inclination towards the normal to the surface, indicating its search for a stable position on the surface. The values of the structural parameters of this OH fragment are provided in table 3.

Table 3: This table presents structural parameters of OH, coadsorbed with H on the Al(100) surface, before and after geometry optimization.

| | O-H distance (Å) | Al-O distance (Å) | Al-H distance (Å) | Al-O-H angle (°) |
|--------------------------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Before geometric optimization | 0.978 | 1.900 | 2.000 | 5.64 |
| After geometric optimization | 0.979 | 1.720 | 2.170 | 28.69 |

According to table 3, the length of the adsorbed O-H bond has not changed significantly. This indicates that the O-H bond is not trending towards breaking. Regarding the Al-O distance, the reduction of 0.18 Å after adsorption explains the fact that the O atom leaves the apical site of Al and gradually moves towards the bridged site of the surface. After geometry optimization, the increase in the surface-hydrogen distance and the enlargement of the surface-O-H angle by approximately 23° indicate the deviation of the O-H bond from its initial position towards its adsorption stability position. The energy calculation results are summarized in table 4.

Table 4: This table presents calculated energies of OH and H coadsorbed on the Al(100) surface.

| | $E_{(OH+H)/Al}$ | E_{Al} | E_{H_2O} | E_{ads} |
|--------------------|-----------------|----------|------------|-----------|
| Energy (eV) | -1370.361 | -900.126 | -469.523 | -0.712 |

According to table 4, the coadsorption energy of OH and H is -0.712 eV. This is a negative value, indicating that these two coadsorbed fragments are stable, even though their interaction with the surface is weak.

3.3.2 Electronic Structures

In figure 9, we represented the LDOS of the hydrogen atom denoted H(1) of H₂O compared to that of the coadsorbed H(1) atom with OH. H(1) is the hydrogen atom detached from water molecule as seen in figure 8. It is observed that the two peaks located at -10.95eV and -8.18eV, for the H(1) of H₂O, disappeared and replaced by a curve broadened from the energy of -9.44eV to 2.42eV, for H(1) coadsorbed with OH fragment. This indicates a mixing of H(1) orbital, which is detached from H₂O, with those of Al surface.

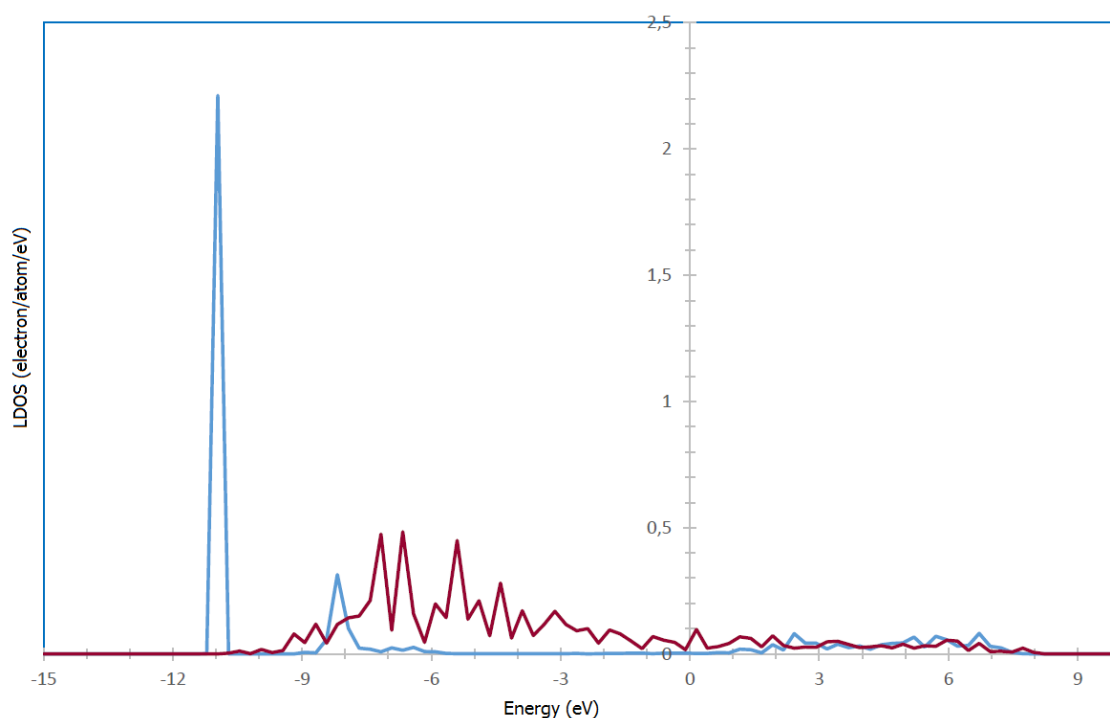


Figure 9: The figure presents the densities of states of one hydrogen of adsorbed H₂O (blue curve) and those of the hydrogen H(1) coadsorbed with OH (red curve), (eV: Electron Volt).

The figure 10 shows the densities of states of oxygen atom of the adsorbed H₂O and the oxygen of OH coadsorbed with H. We remark vanishing of the peak at -10.95eV and the shift of peaks at -6.41eV and -5.90eV towards a higher energy located at -3.63eV.

In figure 11, we see the evolution of the densities of states of the hydrogen H(2) attached to the oxygen in the case of H₂O adsorption and the OH(2) and H(1) coadsorption. We see that the peak at -10.95eV but contrary to the H(1), for which the peak at -8.18eV disappeared, those of H(2) becomes more intense. This indicates that the H(2) hydrogen remain attached to the oxygen even though the H(1) hydrogen is replaced by Al atom. From these three figures 9, 10 and 11, we observe the vanishing of peak located at -10.95eV which traduce the integrity breaking of H₂O molecule to produce two fragments which are OH and H.

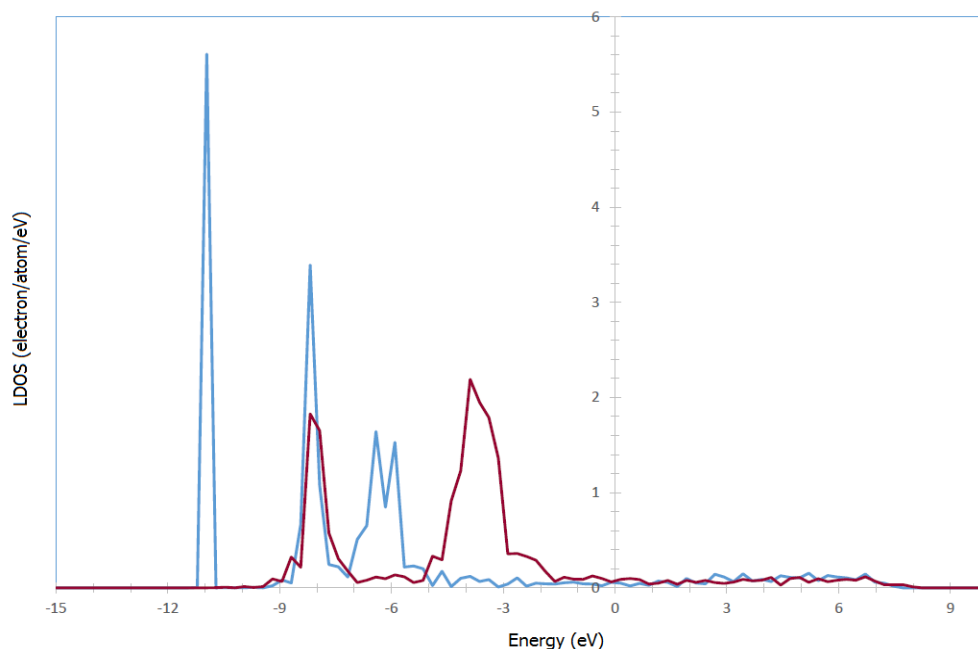


Figure 10: The figure presents the densities of states of oxygen of adsorbed H₂O (blue curve) and those of oxygen of OH fragment coadsorbed with H (red curve), (**eV**: Electron Volt).

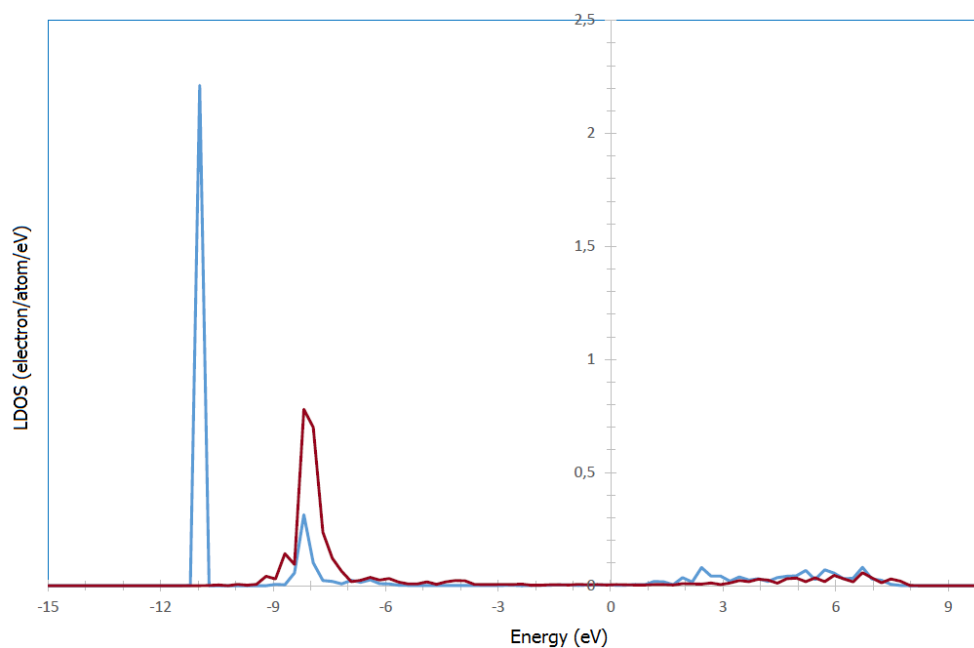


Figure 11: The figure presents the densities of states of one hydrogen of adsorbed H₂O (blue curve) and those of the hydrogen H(2) of OH fragment coadsorbed with H (red curve), (**eV**: Electron Volt).

3.4 Dissociation of H₂O molecule on Al (100) surface

In the previous sections 3.2 and 3.3, we studied the adsorption of water, hydroxide, and hydrogen species on the Al(100) surface. Investigating the coadsorption of the OH and H fragments on the surface is of great interest as it allows obtaining the final state of water molecule dissociation, i.e., the breaking of the H₂O molecule at the OH bond.

In this section, we will determine the reaction pathway for the dissociation of H₂O into molecular OH and atomic H. To do this, we use the Nudged Elastic Band (NEB) algorithm, which was introduced by Mills and Jonsson [15] in the 1990s. This method involves constructing a series of images of the system called intermediate configurations, allowing to transition from the initial to the final configuration. Forces acting on the atoms are calculated for each image. Restoring forces are established between intermediate configurations to mimic an elastic band. It allows determining the activation energy for migration, i.e., the energy required to overcome the energy barrier to transition from one stable configuration to another.

3.4.1 Reaction pathway

We considered the dissociation pathway starting from the initial state of adsorbed H₂O at the apical site of Al(100), and ending at the final state of OH and H fragments coadsorbed as described in section 3.3.

Figure 12 depicts the evolution of the system energy along the obtained pathway after optimization. Figure 13 shows the configurations of the initial I and final F states, as well as the intermediate images. The correspondence between these images and the energy is indicated in figure 12.

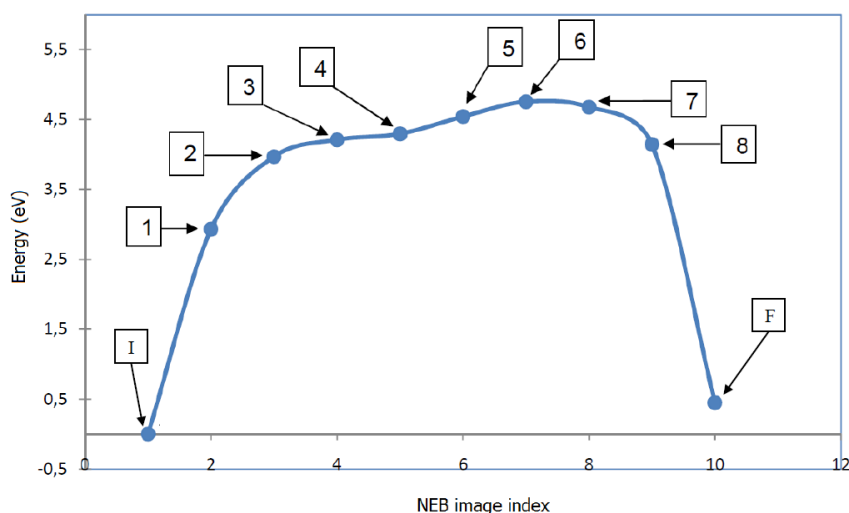


Figure 12: the figure shows the energy evolution curve of the reaction pathway for the dissociation of H₂O on Al(100).

The water molecule is adsorbed at the apical site with an oxygen pointing directly towards the surface aluminum, as showed in figure 13(I). In this situation, the adsorbate has an O-H(1) bond length equal to 0.992 Å, where H(1) is the hydrogen that will be removed in the final state, and the other bond is 0.994 Å. The oxygen is 2.250 Å from the surface of the aluminum.

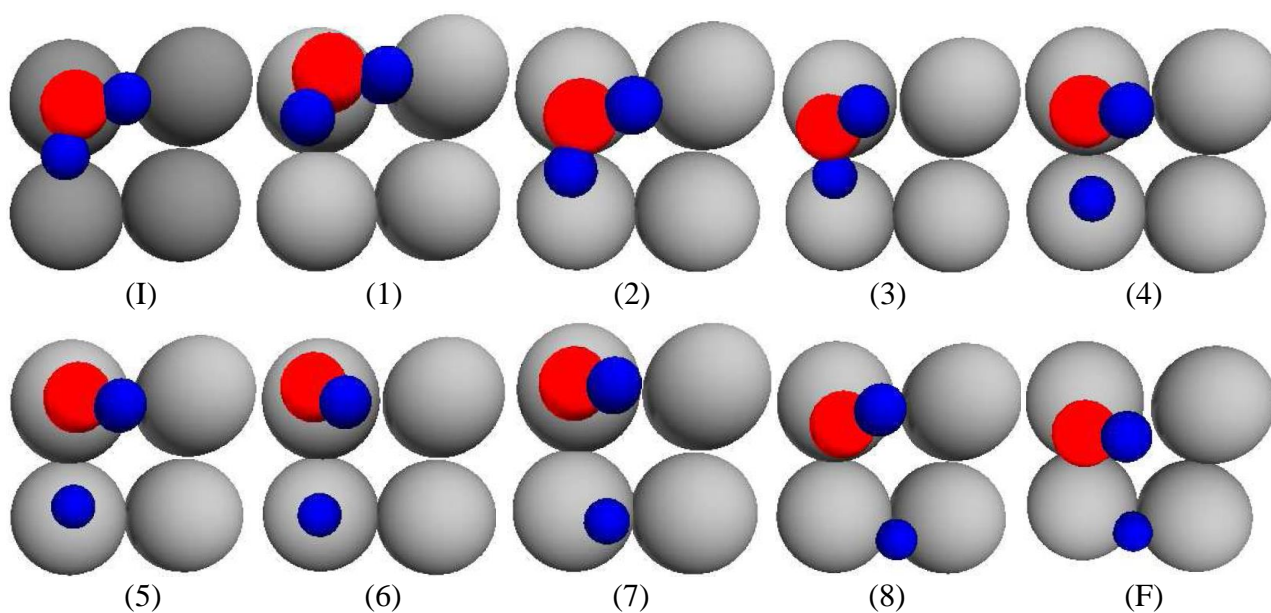


Figure 13: The figure shows the intermediate states of the reaction pathway for the dissociation of H₂O into H+OH. Small blue spheres represent hydrogens, small red spheres represent oxygens, large dark spheres represent aluminum.

Both O-H bonds are slightly modified in figure 13(1). Indeed, compared to its initial state, the bond lengths decrease by 0.006 Å for O-H(1) and 0.001 Å for O-H(2). At this state, the distance from oxygen to the upper surface of aluminum increases by about 0.37 Å compared to its initial position. In figure 13(2), the molecule has shifted from its apical position. It has mostly approached the surface, with a surface-oxygen distance of 2.321 Å instead of 2.616 Å. At the same time, the distance from oxygen to hydrogen H(1) has slightly increased, from 0.986 Å to 0.996 Å.

In figure 13(3), the molecule appears to have returned to the apical site. It has again approached the surface, reaching an Al-O distance of 1.992 Å. However, hydrogen H(1) has moved away from oxygen, resulting in an O-H(1) distance of 1.025 Å.

In this same configuration, the molecule has slightly tilted compared to the horizontal. The detachment of the H(1) atom from the water molecule begins from figure 13(4). The detached H(1) atom is located at 1.883 Å from the oxygen atom, while the length of the O-H(2) bond (H bonded to Oxygen) has slightly reduced compared to that of the initial state, as it decreases to 0.983 Å. Before reaching the transition state, in the figure 13(5), the detached H(1) atom continues to move away from the oxygen atom, while still approaching the surface of the aluminum. Indeed, the distance between H(1) and oxygen reaches 2.325 Å, and it is at a height of 1.505 Å from the surface.

The figure 13(6) corresponds to the transition state. The energy of this transition state, called the energy barrier, is maximum and is equal to 4.754 eV. The geometric parameters of this state will be given in the following section 3.4.2. Once this energy barrier is reached, the system seeks to stabilize by minimizing its energy.

In figure 13(7), the atomic hydrogen and the OH fragment move further apart. In fact, this movement is due to the repulsion between the two species. The distances O-H(1), Al-O, and Al-H(1) are 2.878 Å, 1.791 Å, and 1.404 Å respectively. It is observed in the penultimate image that the hydrogen H(1) and the OH molecule have almost returned to their stabilizing sites, thus being at a distance of 1.085 Å for Al-H(1) and 1.724 Å for Al-O.

In the last image, figure 13(F), the two fragments, with their energies decreased, stabilize. The OH molecule finds its equilibrium by orienting its hydrogen at 28.69° with respect to the surface horizontal, while the hydrogen lands on the bridging site, finding its equilibrium at distances O-H(1) equal to 2.994 Å and Al-H(1) equal to 1.005 Å. The distances of the water molecule atoms from the upper surface of aluminum, as well as the lengths of the two O-H bonds, for each intermediate image of the reaction pathway, are summarized in table 5.

Table 5: this table summarizes different bond lengths and distances on the NEB method reaction pathway.

| Images | O-H(1) (Å) | O-H(2) (Å) | Al-O (Å) | Al-H(1) (Å) | Al-H(2) (Å) |
|--------------------|------------|------------|----------|-------------|-------------|
| Initial (I) | 0.992 | 0.994 | 2.250 | 2.372 | 2.302 |
| (1) | 0.986 | 0.993 | 2.616 | 2.982 | 2.685 |
| (2) | 0.996 | 0.995 | 2.321 | 2.627 | 2.593 |
| (3) | 1.025 | 0.996 | 1.992 | 1.936 | 2.455 |
| (4) | 1.883 | 0.983 | 1.870 | 1.551 | 2.404 |
| (5) | 2.325 | 0.981 | 1.883 | 1.505 | 2.375 |
| (6) | 2.719 | 0.979 | 1.848 | 1.634 | 2.394 |
| (7) | 2.878 | 0.976 | 1.791 | 1.404 | 2.340 |
| (8) | 3.090 | 0.985 | 1.724 | 1.085 | 2.339 |
| Final (F) | 2.994 | 0.979 | 1.723 | 1.005 | 2.170 |

3.4.2 Transition state

The transition state is the highest energy point of the reaction pathway. The transition state is located at the 6th intermediate image, in figure 13(6). In this transition state, the oxygen and H(2) atoms of the OH fragment remain bonded with an O-H bond length of 0.979 Å. This bond length is very close to that of free OH, which is found to be 0.978 Å. The inclination angle of this molecule with respect to the flat surface of aluminum is 33.91°. The hydrogen H(1) detached from the water molecule is located at 1.634 Å from the flat surface of Al(100), where the distance between this atom and the oxygen atom extends up to 2.719 Å. The oxygen is 1.848 Å above the surface. The transition state corresponds to an activation energy of 4.754 eV.

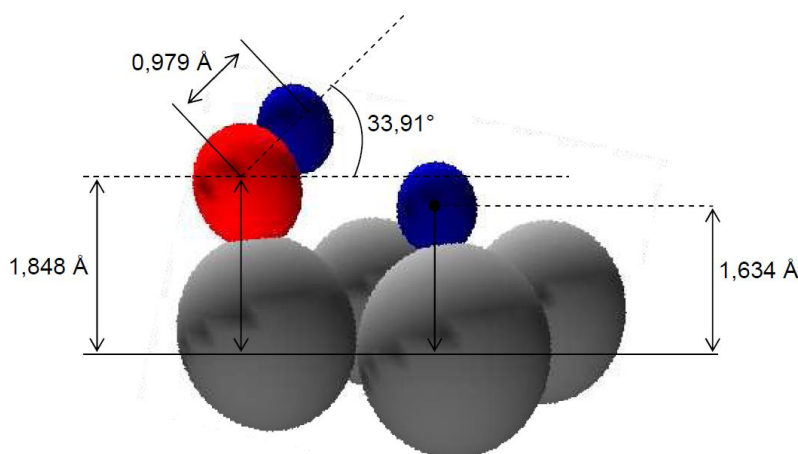


Figure 14: The figure shows the profile view of the geometry of the transition state of the reaction pathway.

4. CONCLUSION

This work focuses on the study of the adsorption and dissociation of the water molecule on aluminum surface. This water molecule, the most abundant in nature, is the largest source of hydrogen after its dissociation. Aluminum, a widely available metal on the Earth's crust, is chosen for its catalytic properties.

We used the DACAPO code for all calculations. DACAPO is an ab initio code based on density functional theory (DFT) in its pseudopotential version, where wave functions are developed on a plane wave basis. Simulations with the DACAPO program allowed us to determine numerous characteristic parameters of the system, such as the lattice parameter for aluminum, the lengths of the O-H bonds, and the measurement of the HOH angle for the H₂O molecule. The adsorption energy of the water molecule on the apical site of the (100) surface of aluminum was calculated. The negative value of this energy indicates the interaction of the molecule with the surface, and its relatively lower absolute value explains that we are dealing with physisorption.

The coadsorption of hydroxide and hydrogen was studied, initially on the apical site of the Al(100) surface, but the two species moved to bridged sites after geometric optimization. This step was taken to identify the final configuration of water molecule dissociation. The co-adsorption energy of the two species showed that the dissociatively adsorbed water molecule is more stable on the Al(100) surface than the molecularly adsorbed one. Thus, it is possible to dissociate the water molecule on the surface of aluminum.

The process of dissociating the water molecule on Al(100) was studied using the NEB method. We explored the lowest energy dissociation pathway, considering the adsorbed water molecule on the apical site of Al(100) as the initial configuration and the OH fragment and the co-adsorbed H atom as the final configuration. The energy barrier of dissociation was revealed at the transition state, and its relatively high value suggested that it is preferable to use aluminum in the form of alloys and explore other reaction pathways.

In this work, we only investigated a single dissociation pathway of the water molecule. Indeed, we considered only the apical site for the initial and bridged site for the final configurations of the pathway. Thus, it is possible to establish a range characterizing dissociation pathways by considering other adsorption sites. This approach could be extended to other metals and/or other molecules.

List of acronyms:

BFGS: Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno algorithm;
DACAPO: Danish Ab Initio Pseudopotential Code;
DFT: Density Functional Theory;
GGA: Generalized Gradient Approximation;
LDOS: Local Density Of State;
NEB: Nudged Elastic Band.

5. REFERENCES

1. Armor JN. New catalytic technology commercialized in the USA during the 1980's. *Appl Catal.* 1991;78(2):141-73.
2. Armor JN. New catalytic technology commercialized in the USA during the 1990's. *Appl Catal A.* 2001;222(1-2):407-26.
3. Kayser H. Über die Verdichtung von Gasen an Oberflächen in ihrer Abhängigkeit von Druck und Temperatur. *Ann Phys Chem.* 1881;248(4):526-37. Available from: <https://doi.org/10.1002/andp.18812480404>
4. Harder S. From Limestone to Catalysis: Application of Calcium Compounds as Homogeneous Catalysts. *Chem Rev.* 2010;110(7):3852-76. Available from: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/cr9003659>
5. Hammer B, Hansen LB, Nørskov JK. Improved adsorption energetics within density-functional theory using revised Perdew-Burke-Ernzerhof functionals. *Phys Rev B.* 1999;59(11):7413-21.
6. Ab initio pseudopotential code Dacapo (version 2.7.3, 2003), developed at CAMPOS. Center for Atomic-Scale Materials Physics, Department of Physics, Technical University of Denmark, Lyngby; see <http://www.fysik.dtu.dk> for details.
7. Vanderbilt D. Soft self-consistent pseudopotentials in a generalized eigenvalue formalism. *Phys Rev B.* 1990;41(11):7892-5.
8. Perdew JP, Wang Y. Accurate and simple analytic representation of the electron-gas correlation energy. *Phys Rev B.* 1992;45(23):13244-9.
9. Perdew JP, Chevary JA, Vosko SH, Jackson KA, Pederson MR, Singh DJ, et al. Atoms, molecules, solids, and surfaces: Applications of the generalized gradient approximation for exchange and correlation. *Phys Rev B.* 1992;46(11):6671-87.
10. Feynman RP. Forces in Molecules. *Phys Rev.* 1939;56(4):340-3.
11. Monkhorst HJ, Pack JD. Special points for Brillouin-zone integrations. *Phys Rev B.* 1976;13(12):5188-92.
12. Baraldi A, Lizzit S, Comelli G, Kiskinova M, Rosei R, Honkala K, et al. Spectroscopic Link between Adsorption Site Occupation and Local Surface Chemical Reactivity. *Phys Rev Lett.* 2004;93(4):046101-1-4.
13. Haroun MF. Simulation numérique de l'activation du méthane sur la surface (111) du nickel idéale et avec un ad atome [Doctoral thesis]. Strasbourg: University Louis Pasteur, Strasbourg I; 2007.
14. Moussounda PS. Adsorption et Activation du Méthane et du Méthanol sur la surface (100) du Pt: une étude par la fonctionnelle de la densité [Doctoral thesis]. Strasbourg: University Louis Pasteur, Strasbourg I; 2006.
15. Mills G, Jonsson H. Quantum and thermal effects in H₂ dissociative adsorption: Evaluation of free energy barriers in multidimensional quantum systems. *Phys Rev Lett.* 1994;72(7):1124-7.
16. Witt W. Absolute Präzisionsbestimmung von Gitterkonstanten an Germanium und Aluminium-Einkristallen mit Elektroneninterferenzen. *Z Naturforsch A.* 1967;22a:92-5. Available from: <https://doi.org/10.1515/zna-1967-0115>
17. Hoy AR, Bunker PR. A Precise Solution of the Rotation-Bending Schrödinger Equation for a Triatomic Molecule with Application to the Water Molecule. *J Mol Spectrosc.* 1979;74(1):1-8.

18. Materzanini G, Tantardini GF, Lindan PJD, Saalfrank P. Water adsorption at metal surfaces: A first principles study of the $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ R30°H₂O bilayer on Ru(0001). *Phys Rev B*. 2005;71(15):155414-1-17.
19. Xantheas SS, Dunning TH. Ab initio studies of cyclic water clusters (H₂O)_n, n=1-6. I. Optimal structures and vibrational spectra. *J Chem Phys*. 1993;99(11):8774-92.
20. Rakotovelofy G. Etat de surface réel de BaTiO₃ dans un contexte réactif [Doctoral thesis]. Strasbourg: University Louis Pasteur, Strasbourg I; 2008.



How to cite this article: Dimbimalala Randrianasoloharisoa, Herimanampisoa Randrianarinjaka, and Georgette Ramanantsizehena. Theoretical Study of Water Dissociation on Aluminum (100) Surface using Density Functional Theory. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2024; 19(2): 57-68 Doi: 10.5281/zenodo.13354320

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/>

ORIGINALE ARTICLE

Analyse des Impacts Socio-économiques et Environnementaux du Bitumage des Routes dans la Commune d'Adjarra, Sud-Est du Bénin

Analysis of the Socio-Economic and Environmental Impacts of Road Paving in the Municipality of Adjarra, Southeast Benin

| Mariano Angelo Nonvignon Akanni HESSOU ^{1*} | Zinsou Simon Aser HONVO ¹ | Paulin Mintongninou HESSOU ¹ |

¹ Université d'Abomey-Calavi | Laboratoire d'Aménagement du Territoire, d'Environnement et du Développement Durable | Bénin |



doi: 10.5281/zenodo.13367722 | Received July 23, 2024 | Accepted August 23, 2024 | Published August 25, 2024 | ID Article | Kiki-Ref07-2-19ajiras230824 |

RESUME

Introduction : Le développement des infrastructures routières joue un rôle crucial dans l'amélioration des conditions socio-économiques locales, mais il peut également entraîner des effets négatifs sur l'environnement. Dans la commune d'Adjarra, les récents projets d'aménagement et de bitumage des routes visent à améliorer la mobilité et à stimuler les échanges commerciaux. Cependant, une évaluation approfondie de leurs impacts socio-économiques et environnementaux est nécessaire pour orienter les politiques futures. **Objectif** : Cette étude a pour but d'évaluer de manière quantitative et qualitative les impacts socio-économiques et environnementaux des projets d'aménagement routier dans la commune d'Adjarra, en s'appuyant sur des méthodes d'analyse spatiale et statistique. **Méthodes** : La recherche a combiné des enquêtes de terrain, des entretiens avec des acteurs clés, et une analyse documentaire pour recueillir les données. Au total, 267 ménages ont été interrogés, et 12 experts ont été consultés. Les données ont été analysées à l'aide du logiciel SPSS IBM pour les aspects statistiques, tandis que les logiciels Arcgis 10.8, Envi, et Qgis ont été utilisés pour la cartographie des impacts environnementaux. **Résultats** : Les résultats montrent que les infrastructures routières ont considérablement amélioré l'accès et la mobilité dans la commune, avec une densité routière de 12,16 km/km². Cependant, cette expansion infrastructurelle exerce une pression accrue sur l'environnement local, notamment par la fragmentation des habitats et la déforestation. Les échanges commerciaux ont été renforcés, mais au détriment de l'intégrité écologique. **Conclusion** : L'aménagement routier à Adjarra a indéniablement stimulé le développement socio-économique, mais ces bénéfices s'accompagnent de défis environnementaux substantiels. Une planification plus intégrée et durable est nécessaire pour atténuer ces effets et garantir un développement équilibré.

Mots-clés : Adjarra, aménagement routier, impacts socio-économiques, impacts environnementaux, développement durable.

ABSTRACT

Introduction: The development of road infrastructure plays a crucial role in improving local socio-economic conditions, but it can also lead to negative environmental effects. In the municipality of Adjarra, recent road construction and paving projects aim to enhance mobility and stimulate commercial exchanges. However, a thorough evaluation of their socio-economic and environmental impacts is necessary to guide future policies. **Objective**: This study aims to quantitatively and qualitatively assess the socio-economic and environmental impacts of road development projects in the municipality of Adjarra, using spatial and statistical analysis methods. **Methods**: The research combined field surveys, interviews with key stakeholders, and document analysis to collect data. A total of 267 households were surveyed, and 12 experts were consulted. The data were analyzed using IBM SPSS software for statistical aspects, while ArcGIS 10.8, Envi, and QGIS software were used for environmental impact mapping. **Results**: The results show that road infrastructure has significantly improved access and mobility in the municipality, with a road density of 12.16 km/km². However, this infrastructural expansion puts increased pressure on the local environment, particularly through habitat fragmentation and deforestation. Commercial exchanges have been strengthened, but at the expense of ecological integrity. **Conclusion**: Road development in Adjarra has undoubtedly stimulated socio-economic development, but these benefits come with substantial environmental challenges. More integrated and sustainable planning is needed to mitigate these effects and ensure balanced development.

Keywords: Adjarra, road development, socio-economic impacts, environmental impacts, sustainable development.

1. INTRODUCTION

Les infrastructures de transport sont reconnues comme des leviers essentiels du développement socio-économique d'un territoire, jouant un rôle crucial dans l'amélioration de la connectivité, la facilitation des échanges commerciaux, et l'accès aux services de base. En particulier, les réseaux routiers constituent un élément central des politiques d'aménagement, car ils influencent directement la dynamique économique locale, le développement spatial et la qualité de vie des populations [1]. Dans ce contexte, la relation entre le développement des infrastructures routières et les transformations socio-économiques et environnementales des territoires constitue un champ de recherche d'une importance croissante, notamment dans les pays en développement comme le Bénin [2].

Au Bénin, les récentes initiatives d'aménagement et de bitumage des routes ont eu des répercussions significatives sur l'organisation spatiale et économique des communes. Ces infrastructures, en facilitant la mobilité des personnes et des biens, sont devenues des catalyseurs de développement, contribuant à l'urbanisation rapide, à l'intensification des échanges commerciaux, mais aussi à la pression croissante sur les ressources naturelles [3]. La commune d'Adjarra,

située au sud-est du pays, illustre particulièrement bien ces dynamiques. Les travaux récents de bitumage et d'amélioration des routes dans cette commune ont engendré des transformations socio-économiques et environnementales majeures, notamment l'émergence de nouvelles activités économiques le long des axes routiers, et une augmentation des pressions foncières et environnementales.

Dans ce contexte, la présente étude se propose d'analyser les dimensions socio-économiques et environnementales des projets routiers dans la commune d'Adjarra, en s'interrogeant sur l'équilibre entre développement économique et durabilité environnementale. La question centrale de recherche est la suivante : comment les projets d'aménagement et de bitumage des routes dans la commune d'Adjarra influencent-ils les dynamiques socio-économiques et environnementales de ce territoire ?

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Description du milieu de recherche

La commune d'Adjarra est l'une des neuf communes que compte le département de l'Ouémé située au Sud-Est du Bénin. Elle est située entre 6° 26' et 6° 31' de latitude Nord et 2° 37' et 2° 42' de longitude Est. Avec une superficie de 75 km², elle est limitée au Nord par la commune d'Avrankou, au Sud par la commune de Sèmè-Podji, à l'Ouest par la commune de Porto-Novo et à l'Est par la République Fédérale du Nigeria. La commune d'Adjarra est subdivisée en six (06) arrondissements qui regroupent 54 villages et quartiers de ville. De par sa proximité géographique avec la ville capitale, la commune d'Adjarra reçoit de plus en plus un nombre impressionnant de migrants en quête d'espaces habitables prenant d'assaut le territoire pour y trouver satisfaction à leurs préoccupations en matière d'habitation. La figure 1 présente la situation géographique et administrative de la commune d'Adjarra.

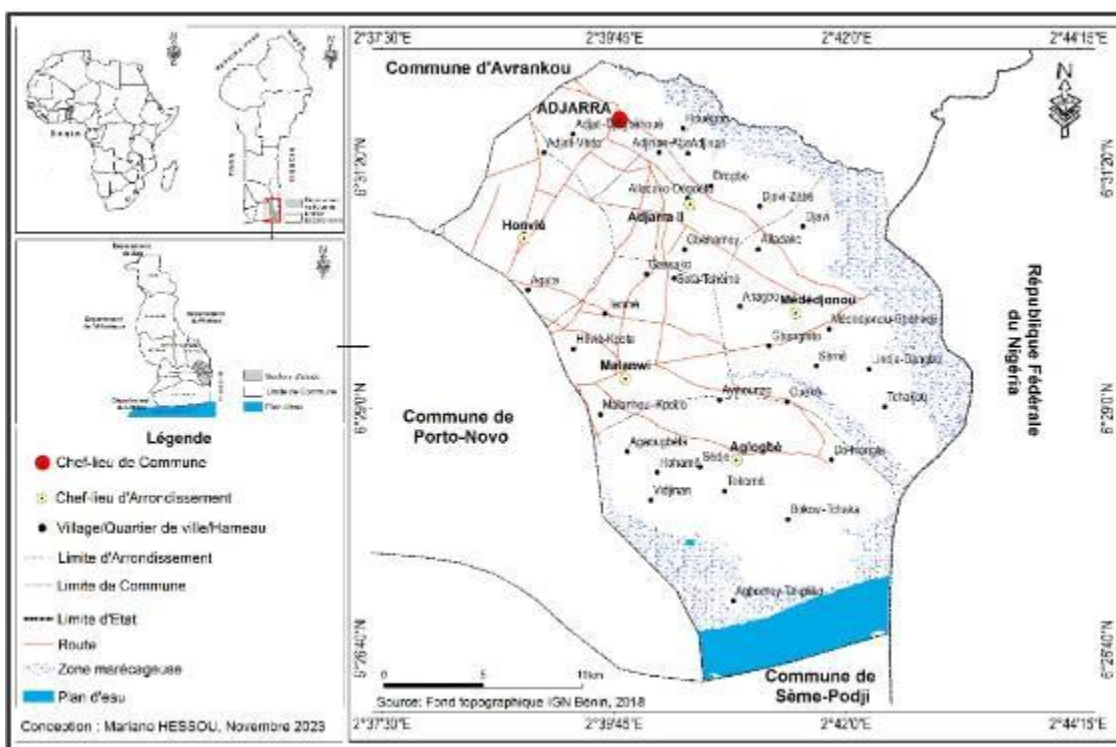


Figure 1 : Situations géographique et administrative de la commune d'Adjarra.

L'observation de la figure 1 permet de constater que la commune d'Adjarra partage une large frontière à l'Ouest avec la ville capitale de Porto-Novo. Les arrondissements de Honvié, Malanhou et Aglogbè sont ceux qui font corps à la ville capitale. Cela fait que ces trois arrondissements sont des espaces témoins de la forte demande en terre. De plus, la proximité de la commune avec la République Fédérale du Nigeria à l'Est fait d'elle une commune de transit. En effet, la position géographique de la commune d'Adjarra attire bon nombre de populations qui s'y installent pour les activités économiques favorisant les flux commerciaux. En définitive, la situation géographique de la commune est un facteur favorable à l'installation humaine, à l'urbanisation et aux échanges routiers.

2.2. Données utilisées

Dans le cadre de la présente recherche, des données de diverses natures sont utilisées. Il s'agit des données qualitatives et quantitatives.

Données qualitatives

Au cours de cette recherche, les données qualitatives suivantes ont été utilisées :

- Les perceptions des populations sur les routes aménagées dans la commune d'Adjarra ;
- Les informations relatives aux perceptions des populations sur les pistes de desserte dans le milieu ;
- Les données qui ont permis de recueillir les perceptions des populations sur les impacts socio-économiques et environnementaux des infrastructures de transport routier dans la commune d'Adjarra.

Données quantitatives

Elle concerne : les données sur les raisons qui déterminent les impacts socio-économiques et environnementaux de l'aménagement routier et le bitumage des projets routiers dans le milieu de recherche.

Ces données sont obtenues auprès d'un échantillon déterminé par la formule de Schwartz (1999, p. 95) [4] :

$$N = \frac{(Z\alpha)^2 Pq}{i^2} \quad (1)$$

N = taille d'échantillon ;

Za = 1,96, écart réduit correspondant à un risque α de 5 % ;

p = proportion des ménages des différents villages ciblés par rapport au nombre de ménages de la commune d'étude (effectif des ménages des villages et quartiers de ville enquêtés = 10 641 ; effectif total des ménages = 21 363) selon le (Recensement Général de la Population et de l'Habitation) soit $p = 49,81\%$ ou 0,4981 ;

i = précision désirée égale à 6 % ;

q = $1 - p$ (ici, $q = 0,51$) ;

Donc :

$$N = (1,96)^2 \times 0,49 (1 - 0,49) / (0,06)^2 = 266,67 = 267 \text{ ménages}$$

Au total, 267 ménages ont été enquêtés. Ces 267 ménages enquêtés ont été répartis dans tous les arrondissements dont le nombre varie d'un quartier à un autre en fonction du poids démographique de chacun de ces arrondissements. Ainsi, pour la répartition des ménages enquêtés par village ou quartier de ville, un coefficient de réduction est affecté à l'échantillon. Ce coefficient s'exprime par :

$$k = n/P \quad (2)$$

n = taille de l'échantillon obtenue par la méthode de Schwartz (1995, p. 95) [4] et, **P** = effectif total des ménages des villages enquêtés selon le RGPH₄ de l'INSAE.

$K = 267/10\,641$, donc $k = 0,025$, soit $k = 2,5\%$ affectés à chaque effectif de ménage par localité enquêtée. Le tableau 1 présente la répartition de l'échantillon enquêté par localités retenues.

Tableau 1 : Répartition de l'échantillon par localités retenues.

| Arrondissements | Villages/Quartiers de ville | Effectif total des ménages | Nombre de ménages enquêtés | Pourcentage (%) |
|-------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------|
| Aglogbè | Aglogbè | 657 | 16 | 6 |
| | Hahamè | 313 | 8 | 3 |
| | Honvié | 397 | 10 | 4 |
| Honvié | Djévié-Wadon | 753 | 19 | 7 |
| | Hounsa-Assiogbossa | 523 | 13 | 5 |
| | Agata | 516 | 13 | 5 |
| Malanhoui | Hèvié-Kpota | 835 | 21 | 8 |
| | Malanhoui | 944 | 24 | 9 |
| | Alladako | 622 | 16 | 6 |
| Médédjonou | Médédjonou | 503 | 13 | 5 |
| | Djavi | 825 | 21 | 8 |
| | Adovié | 645 | 16 | 6 |
| Adjarra I | Hounhouèko | 546 | 14 | 5 |
| | Hounvè | 514 | 13 | 5 |
| | Adjina | 776 | 19 | 7 |
| Adjarra II | Agboto | 499 | 12 | 4 |
| | Sota | 773 | 19 | 7 |
| Total | 17 | 10 641 | 267 | 100 |

(Source : Enquêtes de terrain, septembre 2024)

La lecture du tableau 1 montre que 17 villages et quartiers de ville ont été parcourus dans les six (06) arrondissements de la commune d'Adjarra. Au total, 267 ménages ont été enquêtés. A cela s'ajoutent 12 personnes ressources interviewées.

2.3. Outils et matériel de collecte des données

Plusieurs outils sont utilisés pour la collecte des données sur le terrain. Il s'agit entre autres :

- Du questionnaire d'enquête qui a servi à recueillir des informations auprès des ménages ;

- Des guides d'entretien qui ont permis de conduire les entretiens avec les personnes (élus locaux, cadres de la Mairie) ;
- De la grille d'observation qui a été utilisée pour analyser les impacts socio-économiques et environnementaux de l'aménagement routier et le bitumage des projets routiers dans la commune d'Adjarra ;

Pour collecter les données sur le terrain, plusieurs matériels ont été utilisés. Il s'agit :

- Un appareil photo numérique pour les prises de vue à des fins d'illustration ;
- Une tablette sur laquelle a été déployée le questionnaire et qui a servi à collecter les informations auprès des ménages grâce à l'application Kobocollect ;

2.3. Traitement des données

2.3.1. Détermination de la densité des infrastructures routières : La densité des infrastructures routières est calculée d'abord pour apprécier le numéro de km de route disponible au km² et le nombre de kilomètre de routes par habitant. Ainsi, par la densité de route par km², la formule suivante est utilisée :

$$Densité = \frac{\text{Nombre total de kilomètre de pistes}}{\text{Population}} \quad (3)$$

La densité de route par habitant quant à elle est calculée suivant la formule ci-après :

$$Densité = \frac{Km}{Km^2} \quad (4)$$

Km= nombre de kilomètres de routes (routes non bitumées, pistes de desserte rurales, routes bitumées) par arrondissement ou dans tout le milieu de recherche et **km²** = superficie de chaque arrondissement ou de la commune considérée.

3. RESULTATS

3.1. Aménagement routier comme structuration de l'espace dans la commune d'Adjarra

Les travaux de transport routier dans la commune d'Adjarra concernent les travaux d'aménagement routiers. Ces infrastructures routières disponibles facilitent les échanges commerciaux, l'installation des populations et le déplacement des personnes.

3.1.1. Infrastructures de transport routier de la commune d'Adjarra : La modernisation du réseau routier apparaît comme un facteur déterminant du développement de la commune d'Adjarra. En effet, l'aménagement des voies d'accès et traversée de la commune facilite la mobilité urbaine et a des impacts sur l'environnement à cause de la vente des terres et la construction des habitations. Les routes réalisées assurent donc la mobilité des populations qui chaque jour mène des échanges commerciaux avec les communes voisines. La planche 1 montre un aperçu des aménagements routiers réalisés dans la commune.



Figure 2 : Aperçu des travaux d'aménagement routier dans la commune d'Adjarra.
(Prise de vues : M. A. N. A. Hessou, septembre 2024)

L'observation de la figure 1 permet de constater les travaux d'aménagement routier réalisés dans la commune d'Adjarra. Ce transport routier de marchandise par camions sur les tronçons a des implications socio-économiques et environnementales. Les aménagements routiers concernent essentiellement la RN 36 et ses bretelles. Cette voie bitumée en double sens ceinture la commune à partir du carrefour "Le relais" passant par le poste de douane frontalier de Médédjonou jusqu'à Djègan-Daho (Porto-Novo), soit une longueur de 18,5 km. Il est à signaler que cette voie est toujours en cours de construction et les travaux évoluent à grand pas. L'aménagement routier rend facile la circulation des personnes et des biens. Celle-ci stimule le développement des activités commerciales le long des artères et par conséquent les mutations spatiales du fait de l'accroissement des habitations. La qualité des infrastructures routières force admiration et facilite les activités économiques. Dans ce cadre, il est important de limiter les vitesses dans les centres urbains pour cause d'accidents. En dehors de cette voie, la commune d'Adjarra est traversée par plusieurs routes en terre qui bénéficient des actions de reprofilages et d'aménagement par la mairie. Par ailleurs, les pistes rurales

existent dans la commune d'Adjarra et relient les villages aux autres communes environnantes. Ces pistes servent de transport de produits de contrebande selon 87,5 % des enquêtés. La figure 3 présente les types d'appréciation de la population au sujet de la qualité des routes bitumées dans la commune d'Adjarra.

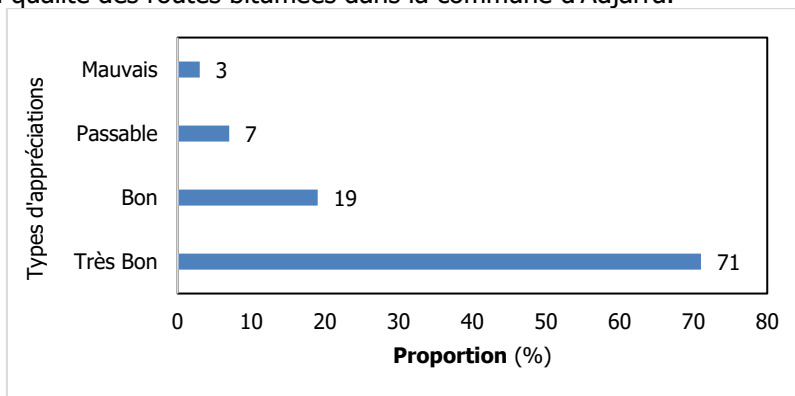


Figure 3 : Appréciation de la population au sujet de la qualité des infrastructures de transport routier dans la commune d'Adjarra. (Source : Enquêtes de terrain, septembre 2024).

La figure 3 montre que 71 % des populations enquêtées donnent une bonne appréciation des aménagements routiers dans la commune d'Adjarra. Pour eux, ce transport routier joue un rôle important dans le développement des activités socioéconomiques. Ils demandent déjà l'aménagement des voies d'accès aux autres habitations. Par contre, pour 19 % des populations enquêtées, ces routes sont en bon état. Il faut dire que 7 % trouvent que ces routes sont dans une praticabilité passable et 3 % estiment que ces routes sont en mauvais état. Ces différentes appréciations démontrent l'intérêt que les aménagements des voies d'accès présentent et l'engouement qu'elles provoquent dans les débats au sein de la communauté. En définitive, les aménagements routiers réalisés facilitent la mobilité spatiale dans l'agglomération d'Adjarra, car les flux de la circulation s'intensifient du fait de l'accroissement démographique. La figure 4 présente la structuration du réseau routier dans la commune d'Adjarra.

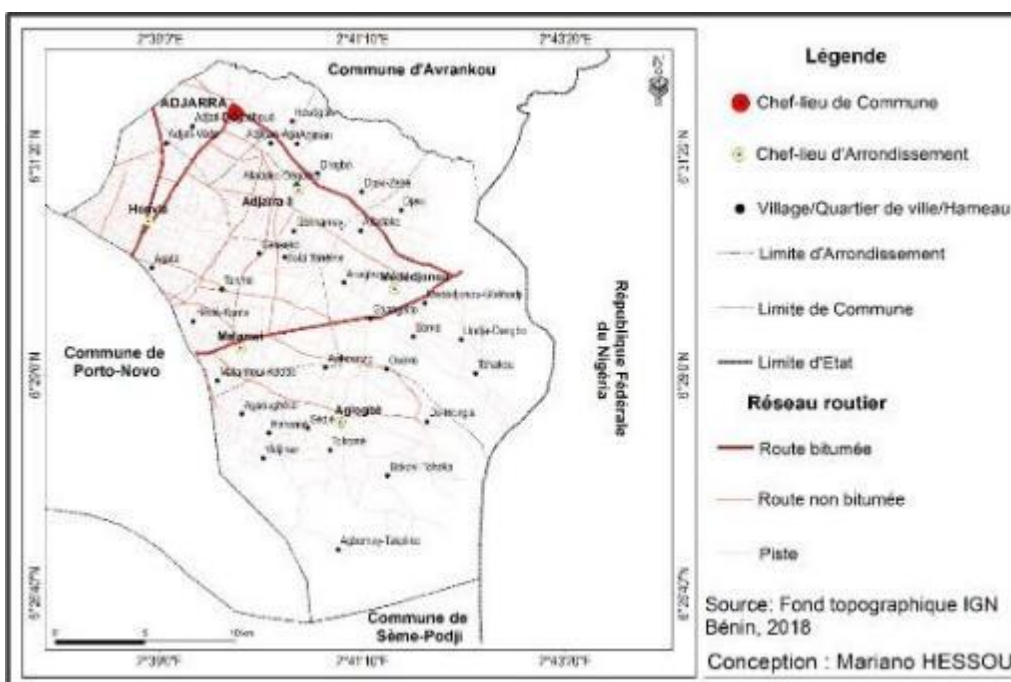


Figure 4 : Structuration du réseau routier de la commune d'Adjarra.

L'analyse de la figure 4 permet de constater effectivement la prédominance des pistes de desserte rurale dans le réseau routier de la commune d'Adjarra. En effet, la croissance démographique de la commune ainsi que les pressions foncières qui en résultent le bien-fondé de la réalisation de ces travaux d'aménagement, ce qui permet une couverture plus au moins appréciable des localités couvertes. En effet, la construction des infrastructures de communication terrestre facilite le déplacement rapide des personnes, des biens et des marchandises. Les travaux des projets de développement constituent des facteurs déterminants au développement de la commune d'Adjarra, peut-on dire. Ce qui facilite l'organisation de la vie socio-économique des populations. Les dysfonctionnements du transport routier de marchandise sur les axes routiers sont conjugués donc au passé. Pour le suivi et l'entretien de des aménagements routiers, il est indispensable de mettre en place un mécanisme de durabilité des infrastructures de transport routier dans le milieu. Au regard de tout ce qui précède, la commune d'Adjarra a bénéficié des travaux d'aménagement routier qui ont des impacts

socio-économiques et environnementaux sur le développement du milieu. Les routes bitumées constituent des facteurs motivant d'installation des populations, car elles jouent d'importants rôles et apportent une contribution non négligeable à l'économie locale. Ces infrastructures routières exercent une pression sur les terres et les ressources ligneuses poussant les familles héritées des terres à leur vendre. Les projets de transport routier constituent donc des stimulateurs de la densification des échanges commerciaux dans la commune d'Adjarra. Le tableau 2 présente en détail la densité des routes dans la commune d'Adjarra.

Tableau 2 : Densité des routes dans la commune d'Adjarra.

| Arrondissements | Population | Superficie (km ²) | Longueur totale de pistes (km ²) | Densité km/km ² | Densité km/hab. |
|-----------------|----------------|-------------------------------|--|----------------------------|-----------------|
| Adjarra I | 18 662 | 6 | 33,82 | 5,64 | 0,002 |
| Adjarra II | 18 174 | 9 | 219,59 | 24,4 | 0,012 |
| Aglogbè | 18 088 | 25 | 131,19 | 5,25 | 0,007 |
| Honvié | 27 381 | 8 | 316,75 | 39,59 | 0,012 |
| Malanhoui | 33 691 | 9 | 133,02 | 14,78 | 0,004 |
| Médédjonou | 32 715 | 18 | 77,94 | 4,33 | 0,002 |
| Total | 148 711 | 75 | 912,31 | 12,16 | 0,006 |

(Source : DDT + enquêtes de terrain, janvier 2024) ; DDT : Direction Départementale des Transports

La lecture du tableau 2 montre que la densité des pistes dans la commune d'Adjarra est de (12,16 km/km²). La commune dispose de 912,3 km de voies pour une population de 148 711 habitants en 2023, soit un ratio de 0,006 km pour un habitant, ce qui est inférieur au ratio national soit 1 km pour 277 habitants. Ces chiffres confirment l'insuffisance des routes et pistes dans la commune qui ne répondent pas aux besoins fondamentaux de la population sans cesse croissante. Cette situation a des répercussions néfastes sur les déplacements des populations et constitue également une source de pression sur les routes qui se dégradent. La figure 5 illustre l'état dégradé de quelques pistes rurales dans la commune d'Adjarra.



Figure 5 : Etat dégradé de quelques pistes rurales dans la commune d'Adjarra. (Prise de vues : M. A. N. A. Hessou, septembre, 2024).

L'observation de ces figures permet de constater l'état dégradé des voies d'accès dans la commune d'Adjarra. On observe des flaques d'eau stagnante qui entravent la circulation, causant ainsi d'ennuis. Cette situation est liée au manque d'entretien de ces routes. En effet, la principale cause de cette dégradation est liée au passage des gros porteurs et les pluies diluviennes. C'est pourquoi, on observe des nids de poule sur les routes entraînant ainsi la stagnation des eaux en saison pluvieuse. Les populations appellent à l'aménagement des pistes rurales et à d'autres actions pour offrir de l'eau potable et l'électricité. La figure 6 présente les appréciations des populations des pistes dans la commune d'Adjarra.

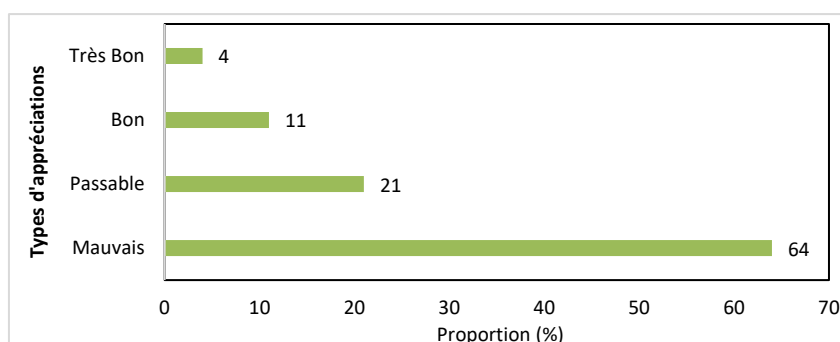


Figure 6 : Etat de praticabilité des pistes dans la commune d'Adjarra. (Source : Enquêtes de terrain, septembre 2024).

De l'analyse de la figure 6, il ressort que 64 % de la population enquêtée éprouvent de difficulté à circuler sur les pistes de desserte de la commune d'Adjarra. Pour 21 %, ces routes sont d'une praticabilité passable. Selon 11 % et 4 %, ces routes causent d'énormes dégâts à leurs motos et véhicules et empêchent la fluidité de la circulation. Ces derniers demandent l'aménagement de ces voies d'accès dans les agglomérations de la commune d'Adjarra. Pour eux, les travaux

d'aménagement routier participent au rayonnement et à l'attractivité du milieu, ce qui fait appel aux investisseurs pour booster le développement.

3.2. Dimension socioéconomiques des aménagements routiers dans la commune d'Adjarra

La construction de la route nationale N°36 constitue un facteur déterminant du développement de la commune et participe de la densification des échanges commerciaux au regard du volume de trafic qu'elle draine désormais. En effet, les travaux d'aménagement de cette route longue de 18,5 km renforcent la visibilité de la commune à travers l'érection des boutiques le long des axes routiers en vue de la mobilisation des ressources financières. Les personnes affectées par les projets à travers l'aménagement routier n'ont pas été dédommagés. Aucun mécanisme de règlement n'est mis en place. Deux gares routières sont disponibles pour le transport des passagers en direction de la ville de Cotonou. La commune dispose de deux (02) marchés qui draine un monde impressionnant grâce à la réalisation des infrastructures routières (figure 7).



Figure 7 : Aperçu d'une gare routière provisoire et d'une boutique réalisée dans la commune d'Adjarra (Prises de vues : M. A. N. A. Hessou, septembre 2024).

L'observation de la figure 7 permet de constater que les emplacements socioéconomiques dans la commune d'Adjarra. En effet, la figure 7.1 montre l'aperçu d'une boutique construite par le conseil communal d'Adjarra, ce qui induit en partie la densification des échanges commerciaux au sein de la population. La figure 7.2 quant à elle donne un aperçu d'une gare routière implantée au carrefour Agata. Cette gare routière facilite les besoins de déplacement des populations en direction de Cotonou. Les conducteurs des taxi moto communément appelés zémidjan viennent en aide aux populations dans le cadre de leur déplacement à l'intérieur de la commune et à l'extérieur. Comme on peut le constater, la réalisation des aménagements routiers favorise la circulation des personnes et des biens. Elles contribuent à l'amélioration des conditions de vie de la population de la commune d'Adjarra. C'est pourquoi, les infrastructures routières constituent l'un des facteurs déterminants du développement de la commune d'Adjarra.

3.3. Implications environnementales

Les différents travaux d'aménagement routiers réalisés favorisent l'installation des populations et le morcellement des terres à des fins d'habitations. Ces phénomènes qui ne sont sans incidences sur l'environnement en raison de l'absence d'un modèle de gestion pour la durabilité du cadre vie. On y observe une mauvaise gouvernance environnementale qui empiète sur le milieu rural du fait de l'installation anarchique et désordonnée des habitations (figure 8).



Figure 8 : Quelques habitations construites dans la commune d'Adjarra (Prise de vues : M. A. N. A. Hessou, septembre 2024).

L'évolution des habitations exerce une pression sur les ressources ligneuses dans la commune du fait des travaux d'aménagement notamment la modernisation du réseau routier. C'est ce qui change le visage des écosystèmes de la commune d'Adjarra. Ainsi, le milieu subit de fortes transformations résultant de la croissance démographique et de la réalisation des travaux d'aménagement routier. En somme, cette recherche a abordé les implications socio-économiques et environnementales de l'aménagement et du bitumage des projets routiers dans la commune d'Adjarra. Ces infrastructures routières donnent de la visibilité en améliorant l'accessibilité aux services sociaux de base dans le milieu, ce qui permet de mobiliser des ressources financières pour le développement local.

4. DISCUSSION

Les infrastructures routières dans la commune d'Adjarra jouent un rôle crucial dans le développement socio-économique, comme le montre la construction de la route Wadon-Adjarra-Médédjonou-Porto-Novo. Cette route, qui

traverse six arrondissements, représente un investissement majeur destiné à désenclaver la région et à stimuler les échanges commerciaux. Cependant, l'analyse des données révèle des résultats mitigés. Bien que les infrastructures routières aient effectivement facilité la mobilité et l'accès aux services de base, elles ont également entraîné des pressions environnementales accrues et une urbanisation rapide, qui ne sont pas sans poser des défis. Comparativement aux résultats de Hessou (2024) [3], qui a souligné les avantages économiques des infrastructures routières dans d'autres régions du Bénin, notre étude révèle que ces bénéfices peuvent être contrebalancés par des impacts environnementaux négatifs, tels que l'augmentation de la déforestation et la fragmentation des terres. Ces résultats suggèrent que, bien que les infrastructures routières soient essentielles pour le développement local, leur mise en œuvre doit être accompagnée de mesures de gestion environnementale pour garantir une croissance durable. De plus, l'analyse comparative avec l'étude de Agossou (2024) [5] sur la mobilité transfrontalière à Grand-Popo met en lumière la dimension géopolitique des infrastructures de transport. Dans le cas d'Adjara, bien que l'infrastructure routière ait renforcé les liens économiques avec les localités voisines, elle a aussi créé des inégalités en matière d'accès aux ressources, exacerbant les tensions foncières.

En ce sens, les infrastructures routières, tout en favorisant l'intégration économique régionale, peuvent aussi induire des déséquilibres territoriaux si elles ne sont pas accompagnées d'une planification stratégique adaptée aux besoins locaux. Comme l'a montré Azonhè (2018) [6], les infrastructures de transport sont indéniablement des moteurs de développement, mais leur succès dépend de leur capacité à s'intégrer de manière harmonieuse dans le tissu socio-économique existant. En effet, bien que l'aménagement routier dans la commune d'Adjara ait contribué à dynamiser l'économie locale, il est essentiel de considérer ses impacts environnementaux et sociaux à long terme. Des politiques de gestion durable et une planification intégrée sont nécessaires pour maximiser les avantages tout en minimisant les risques associés à de telles infrastructures.

5. CONCLUSION

Au terme des travaux, il ressort que les travaux d'aménagement routier réalisés contribuent non seulement à l'amélioration des conditions de vie de la population mais aussi et surtout participent à la densification des échanges commerciaux. Ces voies de communication facilitent la mobilité urbaine des personnes et des biens et sont aussi la source de mobilisation des ressources financières pour faire face à la réalisation des infrastructures socioéconomiques dans la commune d'Adjara. La traversée de la commune d'Adjara constitue se fait facilement aujourd'hui. En effet, les travaux d'aménagement routier renforcent le développement des mouvements commerciaux, l'organisation de la vie socio-économique des populations, les mutations spatiales et les activités économiques du fait de la croissance démographique. C'est pourquoi, les travaux des projets de développement notamment la modernisation du réseau routier constituent des enjeux économiques, car cela fait observer l'augmentation des flux et la gestion des espaces transfrontaliers dans la commune d'Adjara. Il est à signaler que les dysfonctionnements du transport routier de marchandise sur les axes routiers dans la commune d'Adjara sont désormais conjugués au passé. Cette recherche est également une contribution à la mise en place d'un modèle de mobilité intégrée et durable dans la commune d'Adjara.

6. REFERENCES

1. Agbo FEC. Gouvernance territoriale et défis d'aménagement dans la zone intercommunale Éco-développement au Sud-Bénin [thèse de doctorat]. Abomey-Calavi: Université d'Abomey-Calavi; 2024. 314 p.
2. Thomas OAB. Cartographie en stratégie territoriale : Retour d'expériences et modèle pour la planification du développement du département des Collines [thèse de doctorat]. Abomey-Calavi: Université d'Abomey-Calavi; 2014. 326 p.
3. Hessou PM. Infrastructures routières et marchandes dans le développement local des communes de Dassa-Zoumè et de Glazoué dans le département des Collines au Bénin [thèse de doctorat]. Abomey-Calavi: Université d'Abomey-Calavi; 2024. 295 p.
4. Schwartz D. Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. 4e éd. Paris: Éditions médicales Flammarion; 1995. 314 p.
5. Agossou T. Mobilité et sécurité fiscale transfrontalière à Hilacondji-Sanvecondji [thèse de doctorat]. Abomey-Calavi: Université d'Abomey-Calavi; 2024. 217 p.
6. Azonhe B. Trilogie infrastructures marchandes, transport routier et développement : Enjeux territoriaux et perspectives sur le Plateau d'Abomey [thèse de doctorat]. Abomey-Calavi: Université d'Abomey-Calavi; 2018. 313 p.



How to cite this article: HESSOU Mariano Angelo Nonvignon Akanni, HONVO Zinsou Simon Aser et HESSOU Paulin Mintongninou. Analyse des Impacts Socio-économiques et Environnementaux du Bitumage des Routes dans la Commune d'Adjara, Sud-Est du Bénin. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2024; 19(2): 68-76. doi: 10.5281/zenodo.13367722

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/>

ORIGINALE ARTICLE

Évaluation des Contraintes Environnementales et Socio-Économiques des Infrastructures Routières dans les Communes de Dassa-Zoumè et de Glazoué

Assessment of Environmental and Socio-Economic Constraints of Road Infrastructure in the Municipalities of Dassa-Zoumè and Glazoué

| Paulin Mintongninou HESSOU ^{1*} | Tognidè Auguste HOUINSOU ¹ | et | Odile Viliho DOSSOU GUEDEGBE ¹ |

¹ Université d'Abomey-Calavi | Laboratoire d'Aménagement du Territoire, d'Environnement et du Développement Durable | Bénin |



DOI: 10.5281/zenodo.13368033 | Received July 23, 2024 | Accepted August 23, 2024 | Published August 25, 2024 | ID Article | Kiki-Ref08-2-19ajiras230824 |

RESUME

Introduction : Les infrastructures routières des communes de Dassa-Zoumè et de Glazoué sont dans un état de praticabilité et de dégradation à nul autre pareil. Cet état défectueux de la plupart des infrastructures routières ne permet pas les transactions interdépartementales. Cette situation ne permet pas aux autorités locales d'engranger d'importantes ressources pour financer le développement local. **Objectif** : La présente recherche est menée pour faire ressortir au mieux les défis qui attendent les autorités locales et centrales dans ce secteur. **Méthodes** : L'approche méthodologique adoptée pour conduire cette recherche s'articule autour de la collecte des données, leur traitement et à l'analyse des résultats. Au total, 384 personnes constituées d'usagers des marchés, de personnes ressources et des agents de la Mairie, ont été interrogés. **Résultats** : Les résultats obtenus montrent que la longueur totale des routes inter-Etat dans les deux communes est de 102,19 Km. La densité des Routes Nationales des communes de Dassa-Zoumè et de Glazoué est respectivement de 0,524 km/km² et 0,076 km/km². Ceci montre que le niveau de couverture du milieu de recherche en Route Nationale est très insuffisant dans la commune de Glazoué et moyenne dans celle de Dassa-Zoumè. Par contre la densité moyenne des pistes de desserte rurale dans les deux communes est de 2,46 km/km². A ces contraintes s'ajoute celles liées à l'impraticabilité des routes qui sont en mauvais état soit 64 % selon les populations. Pour 21 % des personnes enquêtées, ces routes sont d'une praticabilité passable et 11 % sont de bonne praticabilité. **Conclusion** : Face à ces contraintes, il urge que les autorités communales prennent des mesures hardies pour construire des infrastructures routières modernes, bien aménagées et équipées d'ouvrages d'assainissement et d'hygiène.

Mots-clés : Bénin ; communes de Dassa-Zoumè et de Glazoué ; route ; impraticabilité.

ABSTRACT

Introduction: Road infrastructure in the communes of Dassa-Zoumè and Glazoué is in an unprecedented state of disrepair. This defective state of most of the road infrastructure prevents inter-departmental transactions. This situation prevents local authorities from generating significant resources to finance local development. **Objective**: This research is being conducted to highlight the challenges facing local and central authorities in this sector. **Methods**: The methodological approach adopted to conduct this research revolves around data collection, processing and analysis of the results. A total of 384 people were interviewed, including market users, resource persons and council staff. **Results**: The results show that the total length of inter-State roads in the two communes is 102.19 km. The density of National Roads in the communes of Dassa-Zoumè and Glazoué is 0.524 km/km² and 0.076 km/km² respectively. This shows that the level of coverage of the research area by National Roads is very inadequate in the commune of Glazoué and average in that of Dassa-Zoumè. On the other hand, the average density of rural access tracks in the two communes is 2.46 km/km². These constraints are compounded by the impassability of the roads, which are in poor condition, according to 64% of respondents. For 21% of those surveyed, the roads are fairly passable and 11% are good. **Conclusion**: Faced with these constraints, the local authorities need to take bold measures to build modern road infrastructure that is well laid out and equipped with sanitation and hygiene facilities.

Keywords: Benin; communes of Dassa-Zoumè and Glazoué; road; impassability.

1. INTRODUCTION

Les infrastructures routières sont un pilier fondamental du développement socio-économique, particulièrement dans les pays en voie de développement où elles jouent un rôle crucial dans l'accessibilité des services essentiels et le dynamisme des échanges commerciaux. Le réseau routier, en raison de sa flexibilité et de son étendue, est souvent privilégié dans l'aménagement du territoire, facilitant à la fois les déplacements individuels et collectifs ainsi que le transport des biens [1].

Au cours des dernières décennies, l'importance des routes n'a cessé de croître, particulièrement dans les pays en développement où elles dominent largement les autres modes de transport [2]. Ce phénomène est particulièrement marqué en Afrique de l'Ouest, où les infrastructures routières ne se contentent pas de faciliter la mobilité, mais influencent également la structuration spatiale des populations, des services, et des habitations [3]. Au Bénin, par exemple, le transport routier assure la majorité des déplacements des personnes et des marchandises, renforçant ainsi le lien entre les zones rurales et urbaines et contribuant au développement économique local [4]. Dans les communes du département des Collines, les infrastructures routières jouent un rôle central dans l'accès aux marchés, la circulation des matières premières, et l'amélioration des conditions de vie des populations [5]. Malgré ces avantages, de nombreuses contraintes persistent, affectant la qualité et l'efficacité des infrastructures routières. C'est dans ce contexte

que la présente étude se propose d'analyser les défis liés aux infrastructures routières dans les communes de Dassa-Zoumè et de Glazoué. L'objectif est de fournir aux autorités locales des recommandations pour la mise en place de solutions durables et adaptées aux réalités locales. Cette recherche est structurée en quatre parties principales : une description du milieu d'étude, une présentation de la méthodologie, une analyse des résultats, et une discussion des conclusions en lien avec les enjeux identifiés.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Description du milieu de recherche

Le secteur d'étude qui concerne les communes de Dassa-Zoumè et de Glazoué (figure 1) est situé entre 1°41'et 2°39'de longitude est et entre 7°27'et 8°31'de latitude Nord. Il est localisé au nord par la Commune de Bassila dans le Département de la Donga, au Sud par les communes de Djidja, de Covê et de Zagnanado dans le Département du Zou, à l'Est par les communes de Savè et Ouèssè, et à l'Ouest par les communes de Bantè et de Savalou, avec une superficie de 3.534 km² et une population de 236 553 habitants (INStAD, 2013). Le milieu de recherche couvre 20 arrondissements et 116 villages et quartiers de villes (non compris une multitude de hameaux plus ou moins peuplés) avec une densité d'environ 67 habitants au km².

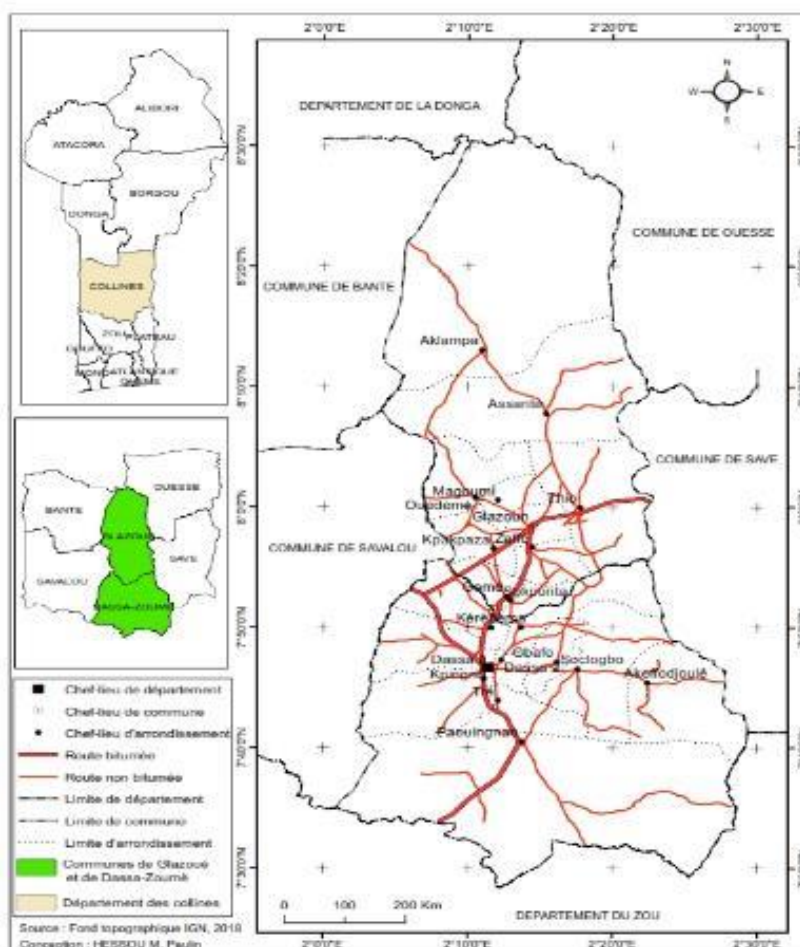


Figure 1 : Situation géographique des communes de Dassa-Zoumè et de Glazoué.

La commune de Dassa-Zoumè est subdivisée en 10 arrondissements et 68 villages et quartiers de ville et une multitude de hameaux plus ou moins peuplés. Quant à la commune de Glazoué qui est un territoire à caractère rural situé au cœur du département des Collines à 234 km de Cotonou, elle compte 48 villages et quartiers de villes répartis en dix arrondissements que sont : Aklampa, Assanté, Glazoué, Gomè, Kpakpaza, Magoumi, Sokponta, Ouèdèmè, Thio et Zaffé. Chaque village ou quartier de villes polarise plusieurs localités ou villages recensés.

2.2. Données, outils et méthodes de collecte des données

Plusieurs données ont été collectées et exploitées dans le cadre de cette recherche. Il s'agit des données qualitatives telles que les données relatives à l'état des infrastructures routières dans les deux communes, obtenus au cours des enquêtes de terrain ; les perceptions des populations relatives à l'entretien des infrastructures routières et marchandes ; les données relatives aux réalisations dans le domaine des infrastructures du transport routier et les données relatives à la longueur linéaire des infrastructures routières dans les deux communes obtenues à la DTT.

Pour collecter ces données, différents outils sont utilisés. Il s'agit d'une grille d'observation destinée à prendre note des faits observés notamment l'état des infrastructures routières, du questionnaire adressé aux populations et d'un guide d'entretien pour les personnes ressources (autorités locales, responsables des comités de gestion des équipements routiers).

Le Global Positioning System (GPS) a permis la prise des coordonnées géoréférencées des équipements routiers en vue de leur spatialisation. L'appareil photo numérique a servi à la prise de vues pour des fins illustratives des équipements routiers.

Quant aux techniques de collecte, elles concernent la recherche documentaire qui a consisté à parcourir plusieurs centres de documentation (FASHS/UAC, INSTaD et la Mairie de Glazoué) et à faire de la recherche en ligne. Les enquêtes de terrain sont réalisées au moyen des entretiens individuels, auprès des groupes cibles, des entretiens avec les personnes ressources et des observations.

La taille de l'échantillon (N) a été déterminée par la formule de Schwartz (1995, p. 95) [6] :

$$N = \frac{(Z\alpha)^2 Pq}{i^2} \quad (1)$$

N = la taille de l'échantillon

Z α = 1,96, écart réduit correspondant à un risque α de 5 % ;

p = proportion des ménages des différents villages ciblés par rapport au nombre de ménages des communes d'étude (effectif des ménages des villages et quartiers de villes enquêtés = 22 503 ; effectif total des ménages = 44 980) suivant (RGPH4) soit $p = 50,028\%$ ou $0,50028$;

i = précision désirée égale à 5 % ;

q = $1 - p$ (ici, $q = 49,972\%$ ou $0,49972$) ;

$$N = (1,96)^2 \times 0,50028 (1 - 0,50028) / (0,05)^2 = 384,15 \approx 384 \text{ ménages.}$$

La taille de l'échantillon enquêté par localité est présentée dans le tableau 1.

Tableau 1 : Effectifs des enquêtés.

| Communes | Arrondissements | Villages/Quartiers de ville | Effectif total des ménages | Nombre de ménages enquêtés | Pourcentage (%) |
|--------------|-----------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------|
| Dassa-Zoumè | 10 | 21 | 10438 | 180 | 46,37 |
| Glazoué | 10 | 21 | 11038 | 204 | 5363 |
| Total | 20 | 42 | 22 503 | 384 | 100 |

(Source : Résultats enquêtes de terrain, mars 2021).

Il ressort de la lecture du tableau 1 que 42 villages et quartiers de villes ont été parcourus dans les vingt (20) arrondissements qui ont été retenus sur la base des conditions de la présence d'infrastructures routières, de desserte. Au total, 384 ménages ont été pris en compte par les enquêtes en ce qui concerne la cible principale. Cependant, en dehors des ménages enquêtés, des entretiens ont été réalisés avec des personnes ressources ou groupes de personnes directement impliqués à divers niveaux dans le processus de la décentralisation.

2.3. Traitement des données et analyse des résultats

Les données recueillies ont servi de base pour l'analyse des principaux résultats obtenus. Une analyse est faite pour donner un caractère scientifique aux différentes appréciations des informations collectées.

2.3.1. Critère d'appréciation de l'état du réseau routier des deux communes de recherche : Au Bénin, il n'existe aucun indicateur standard pour apprécier l'état de praticabilité du réseau routier. Ainsi, il est souvent tenu compte de l'aspect que présente la dégradation de la route, sa prononciation suite à une simple observation, il s'en suit la description, l'explication du phénomène (Edoun, 2023, p. 61) [7]. Dans ce cadre, l'état d'une voie peut être apprécié de Très bon, bon, passable ou mauvais.

2.3.2. Typologie des dégradations suivant le relevé visuel des dégradations : La procédure actuelle consiste à mesurer l'étendue en surface affectée tous les 100 mètres et parfois 50 mètres sur trois bandes de la section (bande gauche, bande centrale et bande droite) [5] (MTPT, 2006, p. 5). Selon le même ministère, tout parcourt de moins de 80 km/heure en présence d'un moyen de transport en bon état confirme que l'infrastructure servant de support est en mauvais état, mais à partir de 80 km/heure et plus, la route est dite en bon état. Le tableau 2 présente les catégories de dégradation des infrastructures routières.

Tableau 2 : Différentes catégories de dégradation du réseau routier.

| Types de dégradations | Caractéristiques |
|-------------------------|---|
| Les déformations | Affaissements, bourrelets, épaufrures, flaches ornières |
| Les fissurations | Fissures longitudinales, fissures transversales, faïençage à mailles larges |
| Les arrachements | Nids de poule, tête de chat, pelades, glaçage |
| Les remontées | Ressuage, laitance |

(Source : MTPT (2006, p. 5) [5] et enquêtes de terrain, 2022)

Le tableau 2 présente les différentes catégories de dégradation du réseau routier. Ces caractéristiques conviennent à cette recherche, d'après les résultats obtenus.

2.3.3. Densité en infrastructures de transport routier : Les densités en infrastructures de transport routier ont été calculées pour chaque arrondissement, ce qui a permis d'intégrer la norme spatiale à l'analyse des disparités. Ces densités sont déterminées grâce à la formule suivante :

$$\text{Densité} = \frac{\text{km}}{\text{km}^2} \quad (2)$$

Km= nombre de kilomètres de routes (routes non bitumées, pistes de desserte rurales, routes bitumées) par arrondissement ou dans tout le milieu de recherche.

km² = superficie de chaque arrondissement ou de la commune considérée.

3. RESULTATS

3.1. Contraintes liées à l'état de praticabilité et de dégradation du réseau routier

Le milieu de recherche dispose de 147,50 km de routes nationales non bitumées, ce qui reste encore faible. Mais il est constitué de 6720 km de pistes de desserte rurales reliant les villages et les arrondissements entre eux. Ces pistes de desserte rurales qui sont plus utilisées dans le transport des produits vivriers dans le milieu de recherche d'après 100 % des producteurs interrogés, sont en état de dégradation et praticabilité difficiles.

3.1.1. Etat de praticabilité des routes nationales et des pistes rurales dans le milieu : Les infrastructures routières disponibles dans le milieu de recherche pour la plupart sont saisonnières. Dans les deux communes, aucune piste n'est en bon état, ni passable en matière de praticabilité. Le problème d'accessibilité se pose de façon criarde dans ce milieu. Ce qui fait que le transport des produits vivriers vers les lieux d'échange en certaines périodes de l'année (pendant les deux saisons pluvieuses) devient non seulement pénible mais aussi très coûteux aux paysans selon 96 % de leurs déclarations.

Cette situation a un impact sur les différentes activités des deux communes et donc sur le coup de vie des populations. Il faut noter à ce niveau, des pertes de temps, d'argent, la dégradation des moyens de déplacement et de la santé des potentiels usagers de ces routes. La figure 2 présente l'appréciation des populations sur la praticabilité des routes nationales et des pistes rurales dans le milieu.

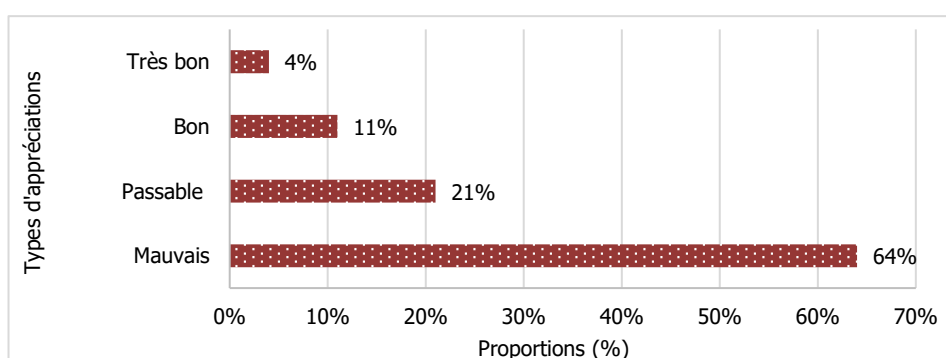


Figure 21 : Etat de praticabilité des routes nationales et des pistes rurales dans le milieu. (Source : Enquêtes de terrain, juillet 2022).

La figure 2 montre que sur la longueur totale de ces routes, la proportion de celles qui sont en mauvais état surpasse la moitié, soit 64 % selon les populations. Pour 21 % des personnes enquêtées, ces routes sont d'une praticabilité passable et 11 % sont de bonne praticabilité. C'est seulement 4 % qui ont déclaré que ces routes sont de bonne praticabilité. La planche 1 de photos, illustre la nature de ces voies



Figure 3 : Route Nationale impraticable dans l'arrondissement de Paouignan.



Figure 4 : Piste de desserte inondée et impraticable dans l'arrondissement de Dassa I.

(Prise de vues : Hessou, mars 2022)

La planche 1 montre l'état que présente la plupart des routes du milieu de recherche en période de pluie. Ce qui rend la circulation très pénible aux usagers. La photo 1 illustre une Route Nationale non bitumée impraticable dans l'arrondissement de Aklampa. Cette route d'une longueur de 8,5 km est à environ 75 % impraticable pendant la saison pluvieuse. Le sol de nature ferrugineux sans concrétion dans cette région explique cet état de choses. La photo 2 montre une piste de desserte rurale inondée et impraticable dans l'arrondissement de Dassa I. A tout cela s'ajoutent les dimensionnements de la largeur circulaire des routes qui, se voulant économes, occasionnent des charges récurrentes très importantes et se révèlent inadaptées. Pendant la saison des pluies certaines de ces pistes et routes sont boueuses, glissantes, parsemées de "nids-de-poule". L'état défectueux de ces routes fait que les taxis et les bâchées qui les pratiquent s'enlisent régulièrement. Pour faciliter le passage des automobiles et des motos, les riverains sont obligés de disposer des briques ou des branchages afin de combler les crevasses que l'on observe. Sur certaines voies ce sont des flaques d'eau qui empêchent la circulation en période de pluie comme le montre la figure 5.



Figure 5 : Flaques d'eau stagnante qui entravent la circulation à Ouèdèmè dans Glazoué. (Prise de vue : Hessou, mars 2022).

La figure 5 montre l'état des voies dans l'arrondissement de Ouèdèmè. Pendant la saison des pluies, les nids de poule observés sur les voies dans cet arrondissement recueillent de l'eau. Avec ces sols de nature hydromorphe ne facilitant pas l'infiltration, cela forme des flaques d'eau qui entravent la circulation des personnes et des biens. Ces nids de poule retiennent de l'eau pendant les pluies. Et le passage des véhicules élargit progressivement ces nids de poule qui finissent par devenir de grandes fosses au milieu de la chaussée, causant ainsi beaucoup d'ennuis aux usagers.

Pour les arrondissements de Dassa-Zoumè, les pistes sont rénovées mais le problème d'entretien périodique demeure. En saison pluvieuse, toutes ces pistes sont érodées et présentent aussi des flaques d'eau tout le long. Or ces pistes sont les principales voies de desserte et devraient offrir un bon accès aux populations et la circulation surtout des marchandises. Les pistes sont carrossables ou sableuses de 5 à 20 m de large. L'effet de l'inondation sur certaines voies rend encore très difficile la mobilité.

3.1.2. Etat de dégradation des routes dans le milieu d'étude : La dégradation des routes dans les deux communes de recherche est un problème sérieux. Dans l'ensemble, les axes routiers du milieu sont affectés par plusieurs types de dégradation.

3.1.2.1. Dégradation des routes revêtues : La dégradation des routes revêtues dans les deux communes est de trois types. Il s'agit, des arrachements des routes revêtues, des déformations de routes et les fissurations. Ces types d'entraves sont observés sur le réseau routier des deux communes.

3.1.2.1.1. Arrachements des routes revêtues : Les arrachements des routes revêtues observés dans les deux communes sont essentiellement les nids de poules, les épaufrures et les pelades. Ces arrachements constituent des sérieuses entraves à la libre circulation des personnes. Ils sont aussi la cause de plusieurs accidents. La planche 2 de photos illustre des nids de poules observés dans le milieu de recherche.



Figure 6 : Nids de poules sur la RNIE 2 Zouto-Paouignan. (Prise de vues : Hessou, mars 2022)



Figure 7 : Nids de poules sur une chaussée de la RNIE 2 dans l'arrondissement de Dassa I. (Prise de vues : Hessou, mars 2022).

Cette planche 2 de photos qui montrent des nids de poules dans la commune de Dassa-Zoumè, témoigne des difficultés de circulation auxquelles les populations font face. La photo 4 illustre des nids de poules sur la RNIE 2 plus précisément sur l'axe Zouto-Paouignan. Ces nids de poules dont le nombre par kilomètre est en moyenne de 30 sont particulièrement présents sur les chaussées. Ils font parfois plus de 500 cm de diamètre. La photo 5 montre des nids de poules sur une chaussée de la RNIE 2 dans l'arrondissement de Dassa I. Dans certains arrondissements et sur les RNIE ce sont des épaufrures qui endommagent les voies et le bitume s'arrache peu à peu comme l'indiquent les figure 8 et 9.



Figure 8 : Epaufrure au niveau de Gbowèlè dans la l'arrondissement Paouignan. (Prise de vue : Hessou, mars 2022).



Figure 9 : Epaufrure au niveau de Gankpètè dans l'arrondissement de Tré. (Prise de vue : Hessou, mars 2022)

La planche 3 montre des épaufrures dans la commune de Dassa-Zoumè. La figure 8 illustre une forme d'épaufrure observée à Gbowèlè dans l'arrondissement Paouignan. Cette épaufrure avec le temps et si rien n'est fait par les autorités communales, va s'élargir sur la chaussée et va constituer un véritable calvaire pour les usagers de la route notamment pour le transport des produits vivriers vers les marchés. Pour le cas de la figure 9, on constate des épaufrures le long du tronçon et même des fois des deux côtés de l'accotement. La figure 10 présente la RNIE 2 avec de pelade sur l'axe Dassa-Paouignan dans la commune de Dassa-Zoumè.



Figure 10 : Pelade sur l'axe Dassa-Pauignan dans la commune de Dassa-Zoumè (Prise de vue : Hessou, mars 2022).

Ces pelades s'expliquent par le fait que la couche sur laquelle roulent les véhicules s'enlève. Ceci très souvent est relatif à un défaut de sous-dimensionnement de l'épaisseur du bitume. Ainsi après quelque temps, celle-ci, incapable de résister au poids du trafic routier s'enlève.

3.1.2.1.2. Déformation des routes revêtues : Dans le milieu de recherche, les trois types de déformation de routes revêtues sont notés. Il s'agit des bourrelets, des affaissements et des ornières. Les bourrelets sont surtout observables dans la commune de Dassa-Zoumè et plus précisément à Pauignan selon les figures 11 et 12.



Figure 11 : Déformation à hauteur de Hounkpogon à Pauignan. (Prise de vues : Hessou, mars 2022).



Figure 12 : Ornière accompagnée de bourrelet sur la RNIE 2 à hauteur de Pauignan. (Prise de vues : Hessou, mars 2022).

La figure 11 présente une déformation de la route au niveau de Hounkpogon dans l'arrondissement de Pauignan. Celle-ci est due aux charges de trafic, aux conditions climatiques, aux types de structures et à la circulation d'eau ou simplement à la durée de vie de la voie.

La figure 12 montre une ornière accompagnée de bourrelet sur la RNIE 2 à hauteur de Pauignan. Ces deux types de déformation sont fréquentes à cette hauteur de l'arrondissement de Pauignan à cause non seulement du type de sol (sols ferrugineux tropicaux appauvris sans concrétion) sur lequel repose le bitume mais aussi et surtout aux charges du trafic des titans en partance vers les pays de l'hinterland (Planche 5).

Les figures 13 et 14 montrent la densité du trafic routier dans la commune de Dassa-Zoumè.



Figure 13 : Des titans chargés de marchandises sur une route dégradée à hauteur de Togon dans Dassa-Zoumè. (Prise de vues : Hessou, mars 2022).



Figure 14 : Densité du trafic à hauteur de Dassa-Zoumè. (Prise de vues : Hessou, mars 2022).

La figure 13 montre des camions chargés allant dans les deux sens avec des produits vers le sud et des marchandises vers les pays de l'hinterland. Le passage régulier et quotidien de ces camions sur les RNIE est responsable de la dégradation de la voie. On note du coup une déformation avec des nids de poules prononcés dans cette zone de village de Togon. La figure 14 renseigne sur la charge que subit la route au quotidien. Cette fréquence contribue aussi à la déformation progressive du bitume.

3.1.2.1.3. Fissuration des routes dans le milieu de recherche : Les fissurations de routes dans les deux communes de recherche concernent les ruptures longitudinales à l'axe de la chaussée et les faïences. Les figures 15 et 16 montrent les deux types de fissuration observées dans le milieu.



Figure 15 : Fissure longitudinale sur une l'axe Togon dans Dassa-Zoumè. (Prise de vues : Hessou, mars 2022).



Figure 16 : Route en faïence à hauteur de bakèma dans l'arrondissement de Kpingni. (Prise de vues : Hessou, mars 2022).

La figure 15 présente des fissures issues du retrait thermique et la fatigue dues aux charges du trafic non seulement mais aussi et surtout aux effets du gel et du dégel, de la géométrie de la route et les procédures constructives. La fissuration a pour conséquence la réduction de la durée de vie de la chaussée, à la sensibilité aux phénomènes climatiques, à l'augmentation des risques d'accidents et au non-respect par les usagers des couloirs de circulation chacun en ce qui les concerne.

3.1.2.2. Dégradation des routes en terre : Dans le milieu de recherche, la dégradation de certaines routes en terre prend la forme d'une tôle ondulée et d'autres de routes érodées.

3.1.2.2.1. Routes en forme de tôle ondulée : Les routes en terre sous la forme de tôle ondulée constituent aussi des contraintes qui empêchent la mobilité dans le milieu. Ce sont des suites d'ondulations de faible longueur d'onde et perpendiculaire à l'axe de la chaussée. Les causes de ce phénomène sinusoïdal sont mal connues et très controversées. Mais, il retenir que ces dégradations dépendent de plusieurs facteurs dont la saison (sèche ou pluvieuse), la nature du terrain et le trafic (nature, vitesse). Aussi existe-t-il beaucoup de véhicules lourds dont la vitesse moyenne de circulation avoisine 80 km/heure. Ce qui favorise la formation rapide des tôles ondulées sur les routes en terre.

Cette forme de dégradation se déroule pendant la saison sèche. Durant cette saison, les routes sont soumises uniquement à l'action des véhicules. Les forces exercées sur la chaussée ne produisent que des dégradations superficielles. Ces dégradations constatées en saison sèche sur les matériaux à prédominance sableuse sont caractérisées par l'existence d'un volant de matériaux réparti sur la chaussée suivant des figures géométriques connues dans le vocabulaire routier sous le nom de « profil en W » et « tôle ondulée » ; la forme la plus fréquente dans la commune est la tôle ondulée. La figure 17 illustre une forme de tôle ondulée.



Figure 17 : Piste en tôle ondulée dans la commune de Glazoué (Prise de vue : Hessou, mars 2022).

En période de saison sèche, la forme de dégradation la plus remarquable est la tôle ondulée. Cette photo 15 est l'image d'une portion de l'axe Glazoué - Sowingnandji, prise en période de saison sèche, pour montrer la forme de dégradation appelée tôle ondulée.

3.1.2.2. Effets des eaux de ruissellement sur les routes en terre : Les effets des eaux de ruissellement sur les routes en terre sont perceptibles en période pluvieuse. Dans cette période, les routes sont soumises à l'action des véhicules à laquelle s'ajoute celle des eaux qui favorise et accélère les dégradations. Parmi ces dégradations, les plus fréquentes dans le milieu de recherche sont : fossé érodé, fossé ensablé, prolifération des végétaux, nids de poule, éboulement des talus, des déblais et érosion des talus de remblais. Il est aussi opportun d'ajouter les fréquentes cassures de voies dues au débordement de certains cours d'eau. Ce qui bloque la circulation des véhicules pendant plusieurs jours. Souvent avec les pluies, les cours d'eau débordent, sortent de leur lit et engloutissent complètement les ponts et une bonne partie de la chaussée. La planche 7 illustre les effets de l'érosion pluviale dans la commune de Glazoué.



Figure 18 : Piste détruite par l'érosion pluviale à Ouèdèmè. (Prise de vues : Hessou, mars 2022).

Figure 19 : Route Nationale inondée sur l'axe Sowingnandji-Aklampa. (Prise de vues : Hessou, mars 2022).

La figure 18 présente une piste détruite par l'érosion pluviale dans l'arrondissement de Ouèdèmè. Au plan physique le relief de cet arrondissement favorise parfois l'érosion pluviale ce qui entraîne la dégradation des pistes. De plus, la nature du sol en place (sol hydromorphe) peut constituer également une contrainte à l'implantation des installations de transport. Le climat est également un facteur influent des travaux de la réalisation des infrastructures de transport. Il participe aussi à leur dégradation à cause de la forte pluviométrie du milieu de recherche. La figure 19 montre une route Nationale inondée sur l'axe Sowingnandji-Aklampa. Au-delà de cet axe plusieurs autres routes sont constamment inondées dans le milieu.

Malgré la présence des routes secondaires, la région souffre du manque d'infrastructures routières de qualité. Cette situation varie d'une commune à une autre. A cause du caractère très instable du sol dans cette région, la qualité des voies même aménagées et entretenues varie d'un secteur à un autre. Les photos de la planche sont très illustratives de l'état des voies en terre de la commune de Glazoué en toute saison. La qualité de desserte est moyenne sur 78 % de ces axes routiers en terre. Le constat est sans appel : la possibilité de circulation est quasiment nulle en période de forte pluie. C'est une situation qui est emblématique des conditions très difficiles dans lesquelles se déroule la mobilité.

3.2. Impact de la dégradation du réseau routier : les accidents

La mauvaise qualité et la dégradation des infrastructures routières sont à l'origine des fréquents accidents de circulation enregistré dans le milieu d'étude. On note sur les axes routiers du milieu une recrudescence des accidents dans les agglomérations avec des pertes en vies humaines. Cette situation a pour causes le mauvais état des pistes communales et surtout la dégradation très avancée des RNIE traversant le milieu d'étude. Le tableau 3 présente l'évolution des cas d'accidents dans le milieu de recherche de 2014 à 2021.

Tableau 3 : Evolution des cas d'accidents dans le milieu de recherche de 2014 à 2021.

| Années | Nombre de cas d'accidents | Nombre de décès | Nombre de blessés graves | Nombre de blessés légers |
|--------|---------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------|
| 2014 | 194 | 2 | 130 | 103 |
| 2015 | 318 | 15 | 222 | 162 |
| 2016 | 189 | 3 | 118 | 71 |
| 2017 | 139 | 5 | 99 | 75 |
| 2018 | 202 | 10 | 110 | 88 |
| 2019 | 137 | 15 | 100 | 80 |
| 2020 | 60 | 5 | 43 | 39 |
| 2021 | 21 | 3 | 17 | 13 |

(Source : Service Départemental des Sapeurs-Pompiers/Collines, juillet 2022)

L'analyse du tableau 3 révèle qu'au cours de l'année 2015 les deux communes ont enregistré 318 cas d'accidents avec 15 décès et 222 blessés graves. Vient ensuite l'année 2018 qui totalise 202 cas d'accident pour 10 décès et 110 blessés graves. Selon les autorités locales, cette situation s'explique par l'état de dégradation du réseau routier et le manque d'entretien de la voirie. Selon les personnes enquêtées, 78 % des cas d'accidents ont eu lieu sur les endroits présentant les caractéristiques suivantes : court alignement entre deux virages ne favorisant pas une bonne visibilité ; dégradations prononcées à l'accès et sur ces ouvrages avec des affaissements et des nids de poule obligeant les véhicules à abandonner leur couloir de marche. Mais les autorités de la DDIT, interrogé affirment que ces cas d'accident sont liés aux sections de profil en long en « V » rendant difficiles les freinages contrôlés et maîtrisés ; aux signalisations approximatives et insuffisantes et à l'insuffisance des dispositifs de protection des usagers vulnérables vers l'extérieur des courbes. Les figures 20 et 21 illustrent des cas d'accidents enregistrés dans le milieu.



Figure 20 : Cas d'accident à hauteur du Carrefour Dassa-Zoumè. (Prise de vues : Hessou, mars 2022).



Figure 21 : Cas d'accident sur l'axe Dassa-Zoumè-GLAZOUÉ. (Prise de vues : Hessou, mars 2022).

Ces photos montrent des cas d'accidents constatés dans le milieu de recherche. L'intensification du trafic en lien avec l'accroissement démographique et l'effet de ruissellement des eaux de pluie sont aussi à l'origine des cas d'accidents.

3.3. Taux de couverture du réseau routier dans le milieu de recherche

Le taux de couverture du réseau routier Inter-Etat varie d'une commune à une autre et reste encore faible au plan national. Dans le milieu de recherche la qualité et la densité de ce réseau est un facteur primordial de liaison entre les communes. La longueur des Route Nationale Inter-Etat de la commune de Dassa-²Zoumè est de 58,65 km contre 43,54 km pour la commune de Glazoué. Le taux de couverture dans le milieu de recherche reste encore faible (tableau 4).

Tableau 4: Taux de couverture des Route Nationale Inter-Etat dans le milieu de recherche en kilomètre par superficie

| Commune | Superficie en km ² de chaque commune | Longueur des RNIE en km par commune | Densité de RNIE km/km ² par commune |
|--------------|---|-------------------------------------|--|
| Dassa-Zoumè | 1754 | 58,65 | 0,033 |
| Glazoué | 1780 | 43,54 | 0,024 |
| Total | 3534 | 102,19 | 0,057 |

(Source : DDIT et résultats des calculs, mars 2023).

Le tableau 4 montre que la densité du réseau routier bitumé des voies Inter-Etat est de 0,057 km/km² soit 5,7 % ce qui très faible par rapport à celle du Bénin qui est de 16,6 % en 2004. Le niveau relativement faible du taux de couverture des Route Nationale Inter-Etat dans ce milieu montre bien le calvaire des populations des deux communes. Les routes principales du milieu de recherche ou Routes Nationales relient les communes entre elles. Elles ne sont pas du tout bitumées donc en terre et d'une longueur totale de 1056 km dont 920 km pour la commune de Dassa-Zoumè et 136 km pour celle de Glazoué. Le taux de couverture est de 0,298 km/km² reste encore très faible (tableau 5).

Tableau 5 : Taux de couverture des Route Nationale (RN) du milieu de recherche en kilomètre par superficie

| Commune | Superficie en km ² de chaque commune | Longueur des RN en km par commune | Densité de RN km/ km ² par commune |
|--------------|---|-----------------------------------|---|
| Dassa-Zoumè | 1754 | 920 | 0,524 |
| Glazoué | 1780 | 136 | 0,076 |
| Total | 3534 | 1056 | 0,298 |

(Source : DDIT et résultats des calculs, mars 2023).

L'analyse du tableau 5 montre que la densité des Routes Nationales des communes de Dassa-Zoumè et de Glazoué est respectivement de 0,524 km/km² et 0,076 km/km². Ceci montre que Le niveau de couverture du milieu de recherche en Route Nationale est très insuffisant dans la commune de Glazoué et moyenne dans celle de Dassa-Zoumè.

4. DISCUSSION

Les résultats de cette étude montrent clairement que les infrastructures routières des communes de Glazoué et de Dassa-Zoumè sont confrontées à des défis majeurs, qui compromettent leur efficacité et leur durabilité. Environ 64 % des routes sont dans un état de dégradation avancée, ce qui est conforme aux observations de Kpatoukpa et al. (2019) [8] dans la commune de Tchaourou. Ce taux élevé de routes en mauvais état a des répercussions directes sur les activités économiques locales et le quotidien des populations, comme l'a également démontré Chabi (2013) [9] dans sa recherche sur la région de Shabè.

L'état de dégradation des routes est exacerbé par l'absence de systèmes d'assainissement adéquats, comme le montre la défektivité des infrastructures de drainage qui contribuent à l'érosion des routes pendant la saison des pluies. Ce constat est en accord avec les conclusions d'Edoun (2023) [7], qui a relevé des dégradations similaires dans l'agglomération de Porto-Novo, attribuées à un entretien insuffisant et à une mauvaise gestion du patrimoine routier. Les types de dégradations observées, tels que les arrachements, les déformations et les fissurations, sont caractéristiques des routes non revêtues dans les zones géographiques semblables, comme souligné par Houinsou (2013) [10]. Ces résultats confirment l'importance de la composition géologique des terrains et des conditions climatiques sur la durabilité des infrastructures routières.

Les données recueillies mettent en évidence l'impact significatif des conditions saisonnières sur l'état des routes. En saison pluvieuse, la praticabilité des routes diminue drastiquement, rendant l'accès aux services essentiels difficile, voire impossible. Cette situation, déjà documentée par Ajay et Fanny (2008) [11], souligne l'urgence de développer des infrastructures adaptées aux conditions climatiques locales et résilientes aux contraintes environnementales.

Ces observations suggèrent plusieurs axes d'intervention pour les autorités locales. Il est crucial de mettre en place des stratégies d'entretien régulier des routes, d'améliorer les systèmes de drainage et d'assainissement, et d'adopter des matériaux de construction plus résistants aux conditions climatiques locales. De plus, l'intégration de ces résultats dans les plans de développement locaux pourrait contribuer à une amélioration significative des infrastructures routières, permettant ainsi de stimuler le développement économique et d'améliorer la qualité de vie des populations dans ces communes. En effet, cette étude confirme que la dégradation des infrastructures routières dans les communes de Glazoué et de Dassa-Zoumè n'est pas un cas isolé, mais un reflet des défis plus larges auxquels sont confrontées les régions rurales dans les pays en développement. Des actions concertées sont nécessaires pour remédier à cette situation, en s'appuyant sur des stratégies éprouvées et des investissements durables.

5. CONCLUSION

Cette étude a mis en évidence les contraintes majeures liées aux infrastructures routières dans les communes de Dassa-Zoumè et de Glazoué, révélant un réseau routier dans un état de dégradation avancée. Les enquêtes de terrain ont montré que 64 % des routes sont impraticables selon les populations, tandis que 21 % sont d'une praticabilité passable et seulement 11 % sont jugées en bon état. Cette situation est aggravée par l'absence d'un entretien régulier, la pénurie de ressources pour les équipes d'entretien, et l'insuffisance des équipements nécessaires pour maintenir le réseau routier en bon état.

Les résultats de cette recherche soulignent non seulement l'urgence d'interventions ciblées pour améliorer la qualité des infrastructures routières, mais également la nécessité de renforcer les capacités institutionnelles et financières des autorités locales pour assurer un entretien efficace des routes. En particulier, il est crucial de développer des stratégies d'entretien durable qui tiennent compte des conditions climatiques locales et de la nature géologique des terrains. De plus, cette étude appelle à une révision des politiques d'infrastructure routière dans les deux communes, avec un accent particulier sur la mise en place de systèmes de suivi régulier et le respect des normes techniques pour l'ouverture des routes. Il est également recommandé d'investir dans la formation des équipes d'entretien et d'améliorer leur équipement pour répondre aux besoins croissants du réseau routier. En effet, bien que cette étude ait fourni un diagnostic détaillé des défis auxquels sont confrontées les infrastructures routières dans les communes de Dassa-Zoumè et de Glazoué, elle souligne également l'importance de poursuivre les recherches pour explorer des solutions innovantes et adaptées aux contextes locaux. Les résultats obtenus doivent servir de base pour des interventions futures visant à améliorer la qualité de vie des populations locales et à stimuler le développement socio-économique de la région.

6. REFERENCES

1. Mongbo OS. Dynamique des infrastructures routières à Bohicon et leurs impacts sur le développement urbain [Mémoire de maîtrise]. Cotonou: FLASH / UAC; 2010. 102 p.
2. Adjibi SP. Réseau routier et échanges commerciaux dans le sud du département du Couffo [Mémoire de maîtrise]. Cotonou: FLASH / UAC; 2009. 83 p.

3. Dandonougbo I. Transport et organisation de l'espace dans l'est de la région des Plateaux au Togo [Thèse de doctorat]. Lomé: Université de Lomé; 2016. 543 p.
4. Guedou SF. Transport et infrastructures routières dans la ville de Savalou [Mémoire de maîtrise]. Cotonou: FLASH / UAC; 2008. 100 p.
5. Ministère des Travaux Publics et des Transports (MTPT). Stratégie pour le développement des infrastructures routières pour l'atteinte des OMD au Bénin. Cotonou: MTPT; 2015. 15 p.
6. Schwartz D. Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. 4e éd. Paris: Éditions médicales Flammarion; 1995. 314 p.
7. Edoun AC. Système de transports urbains des personnes et mobilité spatiale dans l'agglomération de Porto-Novo [Thèse de doctorat]. Cotonou: Université Abomey-Calavi; 2023. 329 p.
8. Kpatoukpa B, Nassihoude B, Adjire C. Infrastructures de transport routier et développement rural dans la commune de Tchaourou. In: Actes du colloque LATEED, Université d'Abomey-Calavi; 2019. ISBN: 978-99982-920-6-2. p. 617-634.
9. Chabi I. Infrastructures de transport routier et gestion de l'espace dans la région Shabè [Mémoire de maîtrise]. Cotonou: Université d'Abomey-Calavi; 2013. 83 p.
10. Houinsou TA. Infrastructure de transport routier et structuration de l'espace au Sud du Bénin [Thèse de doctorat]. Cotonou: EDP, FLASH, UAC; 2013. 271 p.
11. Ajay K, Fanny B. Diagnostic des infrastructures nationales en Afrique : coincé dans les embouteillages en Afrique. Banque mondiale et le SSATP; 2008. 10 p.



How to cite this article: HESSOU Paulin Mintongninou, HOUINSOU Tognidè Auguste et DOSSOU GUEDEGBE Odile Viliho. Évaluation des Contraintes Environnementales et Socio-Économiques des Infrastructures Routières dans les Communes de Dassa-Zoumè et de Glazoué. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2024; 19(2): 77-88. DOI: 10.5281/zenodo.13368033

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](#)

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.