UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

Extension et défis environnementaux de la ville de Muyinga de 2000 à 2023

Bikorimana, Jean; Sous la Direction de : Dr Athanase Nkunzimana

2025
UB, FLSH
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/1877

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

UNIVERSITE DU BURUNDI

FACULTE DES LETTRES ET SCIENCES HUMAINES

DEPARTEMENT DES SCIENCES GEOGRAPHIQUES DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA POPULATION

MASTER EN SOCIETES, POUVOIRS, TERRITOIRES ET DEVELOPPEMENT DURABLE

EXTENSION ET DEFIS ENVIRONNEMENTAUX DE LA VILLE DE MUYINGA DE 2000 A 2023

PAR

BIKORIMANA Jean

Mémoire présenté et défendu publiquement en vue de l'obtention du Diplôme de Master en Sociétés, Pouvoirs, Territoires et Développement durable/SPTD

Spécialité : Aménagement et Environnement

Sous la Direction de :

Dr Athanase NKUNZIMANA

Bujumbura, Le 18 Juillet 2024

IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY

Président : Dr Jean François Regis SINDAYIHEBURA

Secrétaire : Dr Jean NSABIMANA

Directeur : Dr Athanase NKUNZIMANA

DEDICACE

A mon père BUSAKA FONYO Pierre

A ma mère CINDITSE Liberatte,

A mes frères Jean Job Amos NDAYISHIMIYE et Jean Job Amos YAMINKIZA

A mes amis et connaissances

Je dédie ce mémoire.

BIKORIMANA JEAN

REMERCIEMENTS

Le résultat de cette recherche est le fruit de la contribution de nombreuses personnes sans lesquelles l'aboutissement de ce travail n'aurait pas été possible, qu'elles reçoivent mes sincères remerciements. J'exprime ma profonde gratitude à mes parents qui ont consenti d'énormes sacrifices pour moi durant toutes ces années.

Je pense aussi particulièrement au Dr Athanase NKUNZIMANA qui a accepté joyeusement de diriger ce mémoire, pour sa disponibilité, son écoute et ses remarques constructives. Merci pour vos conseils, votre compréhension, et tous les encouragements que vous m'avez sans cesse apporté tout au long de ce processus de recherche.

Je tiens également à remercier très sincèrement Dr. Ir Bernard SINDAYIHEBURA pour le matériel et les données cartographiques qu'il m'a fourni pour la réalisation de ce travail.

Je remercie également tous les enseignants du Département des Sciences Géographiques, de l'Environnement et de la Population que j'ai pu rencontrer au cours de ma formation universitaire.

J'adresse mes vifs remerciements à mes frères Jean Job Amos NDAYISHIMIYE et Jean Job Amos YAMINKIZA pour leurs soutiens moral et matériels indéfectible, Je suis reconnaissant pour leur collaboration d'entraide et profondément fraternelle dès le début de ma formation universitaire jusqu'aujourd'hui.

Je tiens aussi à remercier toutes les personnes qui ont bien voulu me consacrer leurs temps afin de m'accorder une interview, notamment Valentin KAJABWAMI mon ancien Directeur au Lycée de Rugari. Il m'a souvent donné un éclairage inestimable sur l'historique de la croissance de la ville de Muyinga dès sa genèse.

Que mes condisciples de recherche et amis reçoivent eux aussi mes sincères remerciements pour leurs nombreux échanges et leurs interminables débats qui sont aussi au centre de cette recherche. Je vous remercie infiniment.

RESUME

Le mémoire examine l'évolution urbaine de la ville de Muyinga, au Burundi, entre 2000 et 2023, en mettant l'accent sur ses processus d'extension et les défis environnementaux associés. L'objectif principal est d'analyser comment la croissance démographique et l'urbanisation ont influencé les problèmes environnementaux dans cette région, et de proposer des stratégies pour une gestion durable du développement urbain. Les villes sont devenues les lieux privilégiés où la prise de conscience environnementale s'est transformée en stratégies et en gouvernance urbaines. L'extension urbaine a contribué à la déforestation, car de grandes portions de forêts ont été coupées pour laisser place à la construction de logements et d'infrastructures. Cela a aggravé les problèmes de biodiversité et de régulation climatique locale. Ladite construction n'a pas tenu compte des normes et des règles de l'urbanisme. Alors pour découvrir les défis cause par cet effet, l'étude de la dynamique du paysage urbain de Muyinga par la méthode de la télédétection spatiale afin d'analyser les images satellitaires Landsat-5 a permis de découvrir le peuplement de la ville et les constructions précaire y relatives.

Cette recherche vise à analyser l'extension urbaine de Muyinga entre 2000 et 2023, en s'appuyant sur les outils des SIG et de la télédétection pour évaluer les impacts environnementaux de cette expansion. En étudiant les données spatiales et les tendances observées à travers ces technologies, il sera possible de mieux comprendre les interactions entre urbanisation et environnement dans cette région du Burundi, et d'identifier des stratégies de gestion durable pour l'avenir. Les résultants d'analyse montrent que les bâtiments ont menacé la végétation naturelle ce qui, d'après nos observations ont entrainé la formation des ravins énormes apparaissant dans les quartiers de Swahili et une partie de Mukoni ainsi que les affaissements dans les quartiers de Kinyota et Kibogoye renfermant l'actuel Gasenyi.

En somme, l'utilisation combinée de la télédétection et des SIG a fourni des informations cruciales pour évaluer l'impact de l'urbanisation sur l'environnement à Muyinga, tout en mettant en lumière les défis auxquels la ville doit faire face pour assurer un développement urbain durable

Mots-clés : occupation urbaine, dynamique du paysage urbain, Landsat-5, Urbanisation anarchique, défis environnementaux et Muyinga

ABSTRACT

The dissertation analyses the urban evolution of Muyinga, Burundi, between 2000 and 2023, with a focus on its expansion processes and associated environmental challenges. The primary objective of this study is to analyse how population growth and urbanisation have influenced environmental problems in this region, and to propose strategies for sustainable management of urban development. Cities have become the privileged locations where environmental awareness has been transformed into urban strategies and governance. Urban sprawl has been a contributing factor to deforestation, with substantial portions of forests being cleared to accommodate housing and infrastructure development.

This has exacerbated existing problems of biodiversity and local climate regulation. The construction in question has been observed to disregard established town planning standards and regulations. To address this knowledge gap, the present study employs a spatial remote sensing approach, using Landsat-5 satellite images to analyse the urban landscape of Muyinga. This method has enabled the identification of the city's population and the precarious constructions related to it.

The present study aims to analyse the urban expansion of Muyinga between 2000 and 2023, relying on GIS and remote sensing tools to assess the environmental impacts of this expansion. The analysis of spatial data and observed trends through the utilization of these technologies will facilitate a more profound comprehension of the interactions between urbanisation and the environment within this region of Burundi. This, in turn, will enable the identification of sustainable management strategies for the future. The analysis results indicate that urban expansion has had a detrimental effect on the natural vegetation, leading to the formation of substantial ravines in the districts of Swahili and Mukoni, as well as subsidence in the districts of Kinyota and Kibogoye, encompassing the present-day Gasenyi.

In conclusion, the amalgamation of remote sensing and GIS has yielded pivotal insights into the assessment of the repercussions of urbanisation on the environment in Muyinga, while underscoring the predicaments confronting the city in ensuring sustainable urban development.

Keywords: urban occupation, dynamics of the urban landscape, Landsat-5, anarchic urbanisation, environmental challenges and Muyinga.

TABLE DES MATIERES

IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY ..... **i**
DEDICACE ..... **ii**
REMERCIEMENTS ..... **iii**
RESUME ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
TABLE DES MATIERES ..... **vi**
LISTE DES ILLUSTRATIONS ..... **ix**
1. Liste des photos ix
2. Liste des figures x
3. Liste des tableaux et des graphiques xi
SIGLES ET ABREVIATION ..... **xii**
AVANT PROPOS ..... **xiii**
INTRODUCTION GENERALE **1**
0.1. La problématique 2
0.2. Questions de recherche 3
0.3. Questions spécifiques 3
0.4. Objectifs de la recherche 3
0.5. Hypothèse de recherche 4
0.6. Hypothèses spécifiques 4
0.7. Intérêt du Sujet 5
CHAP I : CADRE CONCEPTUEL ET THEORIQUE **6**
I.1. Introduction au cadre conceptuel et théorique 6
I.2. Concepts clés 6
I.2.1. L'extension urbaine 6
I.2.2. Les défis environnementaux 6
I.2.3 Le développement durable 6
I.2.4. La résilience urbaine 7
I.2.5. Périurbanisation 7
I.2.6. Étalement urbain 7
I.2.7. Planification urbaine 7
I.2.8. Dégradation des sols 7
I.2.9. Gestion des déchets solides 8
I.3. Théories de l'urbanisation et des défis environnementaux 8

I.3.1. La théorie de l'étalement urbain et ses impacts 8
I.3.2. Les modèles de croissance urbaine durable 8
I.3.3. L'Indice de Végétation par Différence Normalisée (NDVI) 8
I.4. Application au cas de la ville de Muyinga 9
I.5. Conclusion 9
CHAP II. PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE, DONNÉES ET MÉTHODOLOGIE 10
II.1. Présentation de la zone d'étude 10
II.1.1. Aspect physique 10
II.1.2. Historique de la ville de Muyinga 13
II.2. Données et Méthodologie de recherche 15
II.2.1. Collecte des données 15
II.2.1.1. Données de télédétection 15
II.2.1.2. Données SIG et cartographiques 15
II.2.1.3. Données de terrain et enquêtes 15
II.2.1.4. Les procédures utilisées pour une enquête 15
II.2.2. Traitement et analyse des données 17
II.2.2.1. Analyse d'extension urbaine à l'aide des SIG et de la télédétection 17
II.2.2.2. Outils dans ArcGIS : 17
II.2.2.3. Étapes générales pour la classification supervisée dans ArcGIS : 17
II.2.2.4. Calcul des indices de végétation (NDVI) 18
1. l'outil Raster Calculator 18
2. L'outil *NDVI* dans l'extension *Image Analyst* 19
II.2.2.5. Analyse des défis environnementaux 19
II.2.2.6. Validation des résultats 19
II.2.3. Interprétation et recommandations 20
II.2.4. Matériels utilisés 20
II.2.4.1. Le smartphone comme GPS et Camera 20
II.2.4.2. Un décamètre 21
II.2.4.3. Digital Voice recorder WS-822 21
II.3. Conclusion 23
CHAP III : ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS 24
III.1. Analyse de l'extension spatiale de la ville de Muyinga (2000-2023) 24
III.1.1. Dynamique de l'urbanisation 24
III.1.2. Facteurs de l'expansion urbaine 25

III.2. Défis environnementaux liés à l'extension urbaine 26
III.2.1. Déforestation et dégradation des sols 26
III.2.2. Impact de la construction désordonnée 27
III.3. Apport de la télédétection et des SIG dans l'analyse environnementale 29
III.3.1. Comparaison de la NDVI (1990 et 2023) 29
III.3.1.1. Analyse du NDVI en 1990 29
III.3.1.2. Analyse du NDVI en 2023 30
III.3.2. Pression démographique 31
III.3.3. Assainissement et voirie 33
III.3.4. Les Défis environnementaux de l'étalement de la ville de Muyinga 36
III.3.5. Cartographie de l'occupation du sol de la ville de Muyinga 37
III.3.6. Pollution et gestion des déchets 40
III.4. Perspectives et recommandations 41
III.5. Discussion des résultats 41
III.5.1. Analyse de l'extension spatiale de la ville de Muyinga de 2000 à 2023 41
III.5.2. Défis environnementaux liés à l'expansion urbaine 41
III.5.3. Apport des SIG et de la télédétection dans l'évaluation de l'extension urbaine et des défis environnementaux 42
III.5.4. Perspectives et recommandations 42
CONCLUSION GENERALE 43
BIBLIOGRAPHIE 44
ANNEXES 54

LISTE DES ILLUSTRATIONS

1. Liste des photos

Photo 1 : Les bâtiments anciens de la ville de Muyinga 14
Photo 2 : L'ancien bureau communal de Muyinga et du parti UPRONA..... 14
Photo 3: Digital Voice recorder WS-822..... 22
Photo 4 : Occupation anarchique vers les champs de culture 25
Photo 5 : Espace végétalisée et un sol nu..... 27
Photo 6,7et 8 : Construction spontanée à Kinyota 28
Photo 9 : Création des ravins par des eaux de ruissellement en quartier Swahili. 35
Photo 10 : Risque d'accident aux humains 36
Photo 9 : La mauvaise gestion des déchets dans la ville de Muyinga. 40

2. Liste des figures

Fig. 1. Carte de la Ville de Muyinga 10
Fig. 2. La carte de courbe de niveau de la ville de Muyinga..... 12
Fig. 3. Image de la ville de Muyinga 2023..... 19
Fig. 4. Carte de l'étalement de la ville de Muyinga de 2005 à 2023..... 24
Fig.5. La Carte illustrative de l'étalement urbain..... 26
Fig.6. La carte de la NDVI de la ville de Muyinga en 1990 30
Fig. 7. La carte de la NDVI de la ville de Muyinga en 2023 31
Fig. 8. Carte de l'Occupation du sol en 1990..... 37
Fig. 9. Carte de l'Occupation du sol en 2009..... 38
Fig. 10. Carte de l'Occupation du sol en 2023..... 39

3. Liste des tableaux et des graphiques

Tableau 1 : Croissance de la population de la commune de Muyinga 32

Graphique 1: Croissance de la population de la Commune Muyinga de 2010-2021..... 33

SIGLES ET ABREVIATION

1. BAD : Banque Africaine de Développement
2. BPS : Bureau Provincial de Santé
3. CEA : Commissariat à l'Energie Atomique
4. CUHE : Commissariat d'Urbanisme, de l'Habitat et d'Etudes
5. DCE : Direction Communale de l'Education
6. ESA : Agence Spatiale Européenne
7. GES : Gaz à Effet de Serre
8. GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
9. GPS : Global Positioning System (système de localisation mondial)
10. INC : Institut National de Cartographie
11. MNT : Model Numérique de Terrain
12. MSI : MultiSpectral Instrument
13. NDVI : Indice de Végétation par Différence Normalisé
14. OBPE : Office Burundais pour la Protection de l'environnement
15. OBUHA : Office Burundais de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction
16. OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economique
17. OECD: Organization for Economic Cooperation and Development
18. PIR : Proche de l'Infrarouge
19. PPRU : le Programme de Profilage de la Résilience Urbaine
20. R : la réflectance des canaux rouges
21. SDAU : Schéma Directeur d'Aménagement Urbain
22. SEP : Secrétairerie Exécutif Permanent
23. SIG : Système d'Information Géographique
24. SNADT : Schéma National d'Aménagement et de Développement du Territoire
25. SPAT : Schémas Provincial de l'Aménagement du Territoire
26. SWIR : Short-Wave Infrared (Infrarouges à ondes courtes)
27. TIR : Infrarouge Thermique
28. USGS : United States Geological Survey (Institut d'études géologiques des Etats-Unis)
29. ZHP : Zones d'Habitation Planifiée

AVANT PROPOS

La croissance urbaine rapide constitue un défi majeur pour les villes en développement, notamment en matière de gestion de l'espace et de préservation de l'environnement. La ville de Muyinga, située au nord-est du Burundi, n'échappe pas à cette dynamique. Depuis les années 2000, son expansion s'est accélérée sous l'effet de divers facteurs socio-économiques et démographiques, engendrant des défis environnementaux préoccupants. Ce mémoire, intitulé **"Extension et défis environnementaux de la ville de Muyinga de 2000 à 2023"**, s'inscrit dans une démarche d'analyse scientifique visant à comprendre les transformations spatiales de Muyinga et leurs impacts sur l'environnement. À travers l'utilisation des Systèmes d'Information Géographique (SIG) et de la télédétection, cette étude apporte une lecture approfondie des dynamiques d'extension urbaine et des problématiques environnementales associées.

La réalisation de ce travail a été possible grâce à l'appui et aux encouragements de nombreuses personnes. Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon directeur de mémoire pour ses conseils avisés et son accompagnement précieux tout au long de cette recherche. Mes sincères remerciements vont également à mes enseignants, à mes proches et à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réussite de cette étude.

J'espère que ce mémoire apportera une contribution utile à la réflexion sur l'urbanisation durable de Muyinga et servira de référence pour les chercheurs, les urbanistes et les décideurs soucieux de concilier développement et préservation de l'environnement.

INTRODUCTION GENERALE

La ville de Muyinga, située au nord-est du Burundi, a connu, au cours des deux dernières décennies, un processus d'urbanisation croissante marqué par des transformations socio-économiques, démographiques et environnementales significatives. Depuis 2000, cette ville, qui constitue un pôle administratif et commercial pour la région, a connu une extension spatiale et un développement d'infrastructures visant à répondre aux besoins d'une population en constante augmentation. Cependant, cet essor urbain n'a pas été sans conséquences sur l'environnement local. L'urbanisation rapide et souvent mal maîtrisée a généré une pression accrue sur les ressources naturelles, modifiant les paysages, perturbant les écosystèmes et contribuant à des défis environnementaux majeurs. (Bourguignon, D., Makundi, S. 2017).

L'expansion urbaine dans les pays en développement se fait souvent de manière non planifiée, ce qui entraîne une fragmentation des espaces verts et une perte de biodiversité. Muyinga ne fait pas exception à cette règle. Des études récentes menées dans la région montrent que l'urbanisation de Muyinga s'est principalement développée le long des axes routiers et dans des zones vulnérables sur le plan environnemental. L'utilisation de données satellitaires permet ainsi de suivre les changements d'occupation du sol et d'identifier les zones les plus affectées par cette dynamique. **(**Angel, S. et al. 2010)

Pour répondre à ces défis, les outils modernes de gestion de l'espace et de suivi environnemental, tels que les Systèmes d'Information Géographique (SIG) et la télédétection, sont devenus des instruments essentiels. Ces technologies permettent d'acquérir, d'analyser et de visualiser des données géospatiales à des échelles multiples, facilitant ainsi la prise de décision pour un développement urbain durable. Plusieurs études ont montré que les SIG et la télédétection sont des outils puissants pour surveiller les dynamiques de l'occupation du sol et les impacts environnementaux (Viana et al., 2018 ; Kuenzer et al., 2020). Dans le cas de Muyinga, l'application de ces technologies pourrait offrir des solutions adaptées aux problèmes de gestion des ressources naturelles et de planification urbaine, tout en permettant une meilleure prise en compte des enjeux environnementaux dans le développement de la ville.

En étudiant les données spatiales et les tendances observées à travers ces technologies, il sera possible de mieux comprendre les interactions entre urbanisation et environnement dans cette région du Burundi, et d'identifier des stratégies de gestion durable pour l'avenir.

La télédétection et les systèmes d'information géographique (SIG) se sont imposés comme des outils essentiels dans l'analyse et le suivi des phénomènes environnementaux urbains. Grâce aux données spatiales qu'ils fournissent, ces technologies permettent de cartographier les dynamiques de l'extension urbaine et d'évaluer les changements environnementaux avec une précision inédite. Selon Lillesand et Kiefer, (2000), la télédétection offre une capacité unique à observer l'évolution des paysages urbains à grande échelle, tandis que selon Giri, (2012) les SIG facilitent la modélisation des impacts environnementaux à partir de ces données spatiales.

Aujourd'hui la ville de Muyinga compte de 5 quartiers reconnus administrativement et 7 quartiers se trouvant dans l'informel qui résultent de l'extension de la ville. (Secrétariat de la commune Muyinga, 2023)
La visite sur terrain et l'analyse des images satellitaires multidates par la télédétection et les outils SIG ont permis de découvrir l'état lacunaire de la ville de Muyinga surtout dans le domaine de l'Environnement et de l'occupation du sol.

0.1. La problématique

La ville de Muyinga est un pôle commercial qui s'accroit très rapidement, avec des quartiers construits anarchiquement. Les quartiers Swahili, Muyinga, Kinyota et Kibogoye de la ville de Muyinga ont été planifiés mais n'ont jamais été viabilisée à l'exception d'un nouveau quartier de Mukoni récemment viabilisé. Les habitants du quartier Swahili et Mukoni sont menacés par les ravins profonds engendrés par des eaux pluviales. Les enfants sont exposés au risque d'accident car ils jouent au-dessus de ces ravins et les maisons se trouvant aux environs peuvent s'écrouler d'un moment à l'autre. Aujourd'hui la population des quartiers Swahili et Mukoni est soumise au risque de catastrophe (Démolition des maisons et perte de culture) lié à la mauvaise planification de ladite ville.

L'étalement de la ville vers les zones qui étaient jadis des zones d'extraction minière (gisements d'or à Gasenyi et à Kibogoye) peut soumettre en danger les habitants en place par des glissements de terrain ou l'écroulement des habitations suite au retrait gonflement anthropisé. La non planification de la ville de Muyinga engendre une occupation anarchique dans les zones même inconstructibles d'où alors les risques de catastrophes peuvent surgir. Dans le quartier Kinyota, les infrastructures de la REGIDESO comme les câbles électriques passent au-dessus des bâtiments. Les problèmes engendrés par la démolition des habitations ou des quartiers pour cause d'utilité publique empêchent la restructuration des quartiers construits en débandade car

ces démolitions seront les seuls outils de régulation territoriale pour une grande ville dont le but est de mettre fin à une situation d'occupation illégale de l'espace urbain.

Il est regrettable que les activités anthropiques aient envahi toute la végétation c'est-à-dire que seule la propriété de l'Eglise catholique possède le couvert végétal sinon le reste de la ville est nu d'où alors la dégradation de l'environnement dans la ville de Muyinga. La vie pour la génération future des habitants de la ville de Muyinga sera difficile si rien ne change dans l'occupation de ladite ville. La ville de Muyinga est très sale. On peut se demander où se mettent les déchets solides et liquides en provenance des ménages de différents quartiers ? Les déchets sont éparpillés n'importe où que ce soit à l'intérieur des quartiers ou au centre-ville disons au marché central de Muyinga.

0.2. Questions de recherche

Comment l'extension urbaine de la ville de Muyinga entre 2000 et 2023 a-t-elle contribué à l'émergence de défis environnementaux majeurs, et quels sont les mécanismes locaux adoptés pour y faire face ?

0.3. Questions spécifiques

1. Quels facteurs ont contribué à l'extension urbaine de Muyinga au cours des deux dernières décennies ?
2. Quels types de défis environnementaux ont émergé en lien avec cette expansion ?
3. Quelles sont les politiques locales et initiatives communautaires mises en place pour gérer ces défis ?
4. Quels sont les impacts sociaux et économiques de cette extension et des défis environnementaux associés ?

0.4. Objectifs de la recherche

Objectif principal :

Analyser l'impact de l'extension urbaine de Muyinga sur l'environnement local entre 2000 et 2023 et évaluer les stratégies locales de gestion des défis environnementaux.

Objectifs spécifiques :

1.Identifier les principales causes de l'extension urbaine de Muyinga au cours des deux dernières décennies.

2.Décrire les défis environnementaux majeurs (pollution, déforestation, gestion des déchets, etc.) apparus depuis 2000.

3.Analyser les initiatives locales (publiques et communautaires) mises en place pour réduire ces défis.

4. Proposer des recommandations pour une meilleure gestion de l'extension urbaine et de ses impacts environnementaux a occasionné l'exode rural et la ville a connu une croissance rapide de la population urbaine qui a causé une extension considérable de toute la ville de Muyinga en dehors d'un cadre d'organisation préalablement défini par les autorités de l'urbanisme.

0.5. Hypothèse de recherche

L'extension rapide et non planifiée de la ville de Muyinga depuis 2000 a entraîné des défis environnementaux significatifs, notamment la dégradation des écosystèmes locaux et l'augmentation des risques sanitaires, tandis que les mécanismes de réponse locaux restent limités et peu coordonnés.

0.6. Hypothèses spécifiques

1. L'extension urbaine de Muyinga a été principalement favorisée par la croissance démographique, l'exode rural, le développement des infrastructures routières et l'essor des activités économiques.
2. L'urbanisation rapide de Muyinga a entraîné des défis environnementaux majeurs tels que la déforestation, l'érosion des sols, la pollution des eaux et une mauvaise gestion des déchets solides.
3. Les autorités locales et les communautés ont mis en place des politiques d'aménagement urbain, des projets de reboisement et des initiatives de gestion des déchets pour atténuer les impacts environnementaux de l'expansion urbaine.
4. L'extension urbaine de Muyinga a favorisé l'essor économique à travers le commerce et la construction, mais a également amplifié les inégalités sociales et la vulnérabilité des populations face aux risques environnementaux.

0.7. Intérêt du Sujet

Ce travail contribue à la documentation des dynamiques urbaines en Afrique subsaharienne, et plus particulièrement au Burundi. Muyinga, en tant que ville en plein essor, offre un cas d'étude pertinent pour analyser les processus d'expansion urbaine dans un contexte de forte croissance démographique et de transformations économiques. L'approche historique (2000 à 2023) permet de dégager les principales phases de cette extension et d'en comprendre les facteurs moteurs.

L'expansion urbaine rapide de Muyinga s'accompagne de nombreux défis environnementaux, tels que la gestion des déchets, la déforestation, la pollution et la pression sur les ressources naturelles (eau, sol). L'analyse de ces problématiques et la recherche de solutions adaptées sont essentielles pour promouvoir un développement urbain durable.

L'extension de Muyinga influence fortement la vie des populations locales, notamment en termes d'accès au logement, aux infrastructures et aux services de base. Cette étude offre une meilleure compréhension des enjeux socio-économiques liés à l'urbanisation et peut éclairer les décideurs dans la mise en œuvre de politiques publiques efficaces.

Les résultats de cette recherche peuvent servir de base aux urbanistes et aux autorités locales pour élaborer des stratégies de gestion urbaine durable. Une meilleure anticipation des défis environnementaux liés à l'expansion urbaine est cruciale pour éviter des conséquences irréversibles sur l'environnement et le bien-être des habitants.

CHAP I : CADRE CONCEPTUEL ET THEORIQUE

I.1. Introduction au cadre conceptuel et théorique

Le cadre conceptuel et théorique est un élément essentiel de toute recherche scientifique, car il permet de définir les concepts clés et de situer l'étude dans le contexte des théories existantes. Dans le cas de cette étude portant sur l'extension et les défis environnementaux de la ville de Muyinga entre 2000 et 2023, il est important de s'appuyer sur des concepts relatifs à l'urbanisation, à la gestion des ressources naturelles, aux défis environnementaux, ainsi qu'aux théories du développement durable et de la résilience urbaine.

I.2. Concepts clés

I.2.1. L'extension urbaine

L'extension urbaine désigne l'augmentation de l'étendue géographique d'une ville, entraînant une expansion de ses infrastructures, de sa population et de ses activités économiques. Cette croissance est souvent caractérisée par l'étalement urbain, qui peut s'effectuer soit de manière horizontale (évasion vers les zones périphériques), soit de manière verticale (augmentation de la densité en hauteur). Selon Maffioli et al. (2009), l'extension urbaine est une conséquence directe de l'accroissement démographique, de l'industrialisation et de l'amélioration des infrastructures, mais elle peut également générer des pressions sur les ressources naturelles et l'environnement.

I.2.2. Les défis environnementaux

Les défis environnementaux de l'urbanisation se manifestent sous diverses formes, telles que la déforestation, la pollution de l'air et de l'eau, l'érosion des sols et la perte de biodiversité. Selon la théorie de l'empreinte écologique de Wackernagel et Rees (1996), l'urbanisation a un impact direct sur l'environnement en raison de l'augmentation de la consommation des ressources naturelles et de la production de déchets. En conséquence, les villes sont souvent confrontées à des problèmes de gestion de l'environnement qui nécessitent une planification rigoureuse et des politiques durables.

I.2.3 Le développement durable

Le développement durable est défini par la Commission Brundtland (1987) comme "un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs." Ce concept se base sur trois piliers fondamentaux :

l'économie, le social et l'environnement. Dans le cadre de l'extension de Muyinga, il s'agira de comprendre dans quelle mesure cette croissance urbaine a été intégrée à une logique de développement durable et de gestion raisonnée des ressources.

I.2.4. La résilience urbaine

La résilience urbaine est un concept qui se réfère à la capacité d'une ville à anticiper, se préparer, répondre et se rétablir face aux crises environnementales, qu'elles soient d'origine naturelle (ex : inondations, sécheresses) ou anthropique (ex : pollution, déforestation). Selon Leichenko et O'Brien (2008), une ville résiliente doit non seulement intégrer des stratégies d'adaptation face aux changements climatiques, mais aussi minimiser les vulnérabilités liées à son développement et à ses défis environnementaux.

I.2.5. Périurbanisation

La périurbanisation désigne le processus d'extension des villes au-delà de leurs limites historiques, souvent vers les zones rurales, entraînant une transformation des espaces périurbains. (Bertrand, M. 2011)

I.2.6. Étalement urbain

L'étalement urbain fait référence à la croissance horizontale non planifiée et souvent diffuse des espaces bâtis dans les zones périphériques des villes. Ce phénomène est généralement associé à une consommation excessive des terres. (Brueckner, J.K. 2000).

I.2.7. Planification urbaine

La planification urbaine est un processus par lequel les autorités locales et nationales organisent l'aménagement des espaces urbains pour gérer la croissance et répondre aux besoins des habitants. (Hall, P.2014).

I.2.8. Dégradation des sols

Perte de la qualité des sols en raison de l'érosion, la pollution, et l'exploitation excessive. (Lal, R.2015).

I.2.9. Gestion des déchets solides

Problèmes liés à la collecte, au traitement et au recyclage des déchets produits par les populations urbaines. (Wilson, D.C., Velis, C., & Cheeseman, C. 2006).

I.3. Théories de l'urbanisation et des défis environnementaux

I.3.1. La théorie de l'étalement urbain et ses impacts

L'étalement urbain, ou "sprawl", est un phénomène qui décrit l'expansion des zones urbaines vers les zones rurales avoisinantes. Ce phénomène est souvent associé à des effets négatifs sur l'environnement, tels que l'augmentation de la pollution, la perte de terres agricoles et la réduction de la biodiversité. Selon des études menées par Burchfield et al. (2006), l'étalement urbain exerce une pression croissante sur les ressources naturelles et nécessite une gestion plus complexe des infrastructures publiques.

I.3.2. Les modèles de croissance urbaine durable

Les modèles de croissance urbaine durable sont orientés vers une gestion rationnelle des ressources, la réduction des impacts environnementaux et l'amélioration de la qualité de vie des habitants. Ces modèles incluent l'adoption de technologies écologiques, la planification de l'urbanisme en tenant compte des enjeux environnementaux, et la promotion de la participation citoyenne dans la gestion de l'environnement urbain (Folke et al., 2010). L'intégration de ces modèles dans le développement de Muyinga sera donc cruciale pour une urbanisation durable.

I.3.3. L'Indice de Végétation par Différence Normalisée (NDVI)

L'Indice de Végétation par Différence Normalisé (NDVI) est un indicateur quantitatif utilisé pour évaluer la densité et l'état de la couverture végétale sur une zone donnée à l'aide d'images satellitaires. Cet indice est largement employé dans les études environnementales et agricoles pour mesurer la santé des plantes et suivre l'évolution de la végétation dans le temps (Tucker, 1979).

Le NDVI repose sur la différence entre les réflectances du rayonnement dans le proche infrarouge (NIR) et le visible rouge (RED), exprimée par la formule suivante :

$$NDVI=(NIR+RED)/(NIR-RED)$$

Les surfaces végétalisées absorbent fortement la lumière visible rouge pour la photosynthèse, tandis qu'elles réfléchissent intensément le rayonnement infrarouge proche. Ainsi, les valeurs

du NDVI varient entre -1 et +1. Des valeurs proches de +1 indiquent une végétation dense et en bonne santé, tandis que des valeurs proches de zéro ou négatives correspondent respectivement à des surfaces peu végétalisées ou à de l'eau et d'autres objets non végétaux (Huete et al., 2002).

Selon Bhandari et al. (2012). L'intérêt du NDVI réside dans sa capacité à surveiller les changements spatio-temporels de la végétation, ce qui en fait un outil essentiel pour les analyses environnementales à grande échelle. Le NDVI est largement utilisé dans divers domaines :

- **Suivi de la végétation** : Permet de suivre l'évolution saisonnière des cultures et des forêts.
- **Étude des écosystèmes** : Sert à détecter les changements dans les écosystèmes terrestres.
- **Gestion des ressources naturelles** : Employé pour surveiller les sécheresses et les zones de stress hydrique.
- **Planification urbaine** : Aide à évaluer l'impact de l'urbanisation sur les espaces verts.

Le NDVI est particularise pertinent pour mon mémoire, car il permettra de quantifier les variations de la couverture végétale de la ville de Muyinga de 2000 à 2023 et d'évaluer les impacts environnementaux liés à son expansion urbaine

I.4. Application au cas de la ville de Muyinga

Dans le cas de la ville de Muyinga, l'extension urbaine de 2000 à 2023 est marquée par une croissance rapide et des transformations significatives de son territoire. Cette expansion a induit des défis environnementaux majeurs, notamment la déforestation, la pollution de l'eau et l'insuffisance des infrastructures de gestion des déchets. Selon les observations de Ndayishimiye et al. (2019), la ville de Muyinga a connu un étalement urbain qui a aggravé la pression sur ses écosystèmes locaux, notamment les ressources en eau et les terres agricoles.

I.5. Conclusion

Ce cadre conceptuel et théorique a permis de définir les principaux concepts et théories à utiliser dans l'analyse de l'extension et des défis environnementaux de la ville de Muyinga entre 2000 et 2023. L'étude se concentre sur la relation complexe entre l'urbanisation, les ressources naturelles et le développement durable, tout en mettant en lumière les stratégies de résilience urbaine nécessaires pour faire face aux défis environnementaux actuels et futurs. Les résultats de cette analyse permettront de proposer des solutions adaptées à la gestion de l'extension urbaine dans le respect des principes de durabilité.

CHAP II. PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE, DONNÉES ET MÉTHODOLOGIE

II.1. Présentation de la zone d'étude

II.1.1. Aspect physique

La ville de Muyinga se situe au Nord-Est du Burundi en commune et en province de Muyinga. Elle est localisée à $30^0$19′00′′ et $2^0$50′30′′ de longitude Est et $30^0$21′00′′, $2^0$52′30′′de latitude sud. (Fig1). Elle est limitée au Nord par la colline Karemera ; le Marais Mpishi reste le prolongement Nord-ouest et l'Ouest par, au Nord-Est par un marais Bisengo ; à l'Est par la colline Kwibuye, au Sud-Ouest par la colline Ruganirwa et au sud par la colline Kiremba. Elle est traversée par la route Nationale numéro six (RN6) qui relie le Burundi et La Tanzanie à Kobero. Muyinga est limitrophe de plusieurs communes rurales telles que Gasorwe à l'est, Butihinda au nord et Buhinyuza au sud. La ville est traversée par plusieurs rivières, dont la plus importante est la rivière Nyamuswaga, qui joue un rôle essentiel dans l'approvisionnement en eau de la ville (Étude d'urbanisation de Muyinga, 2018).

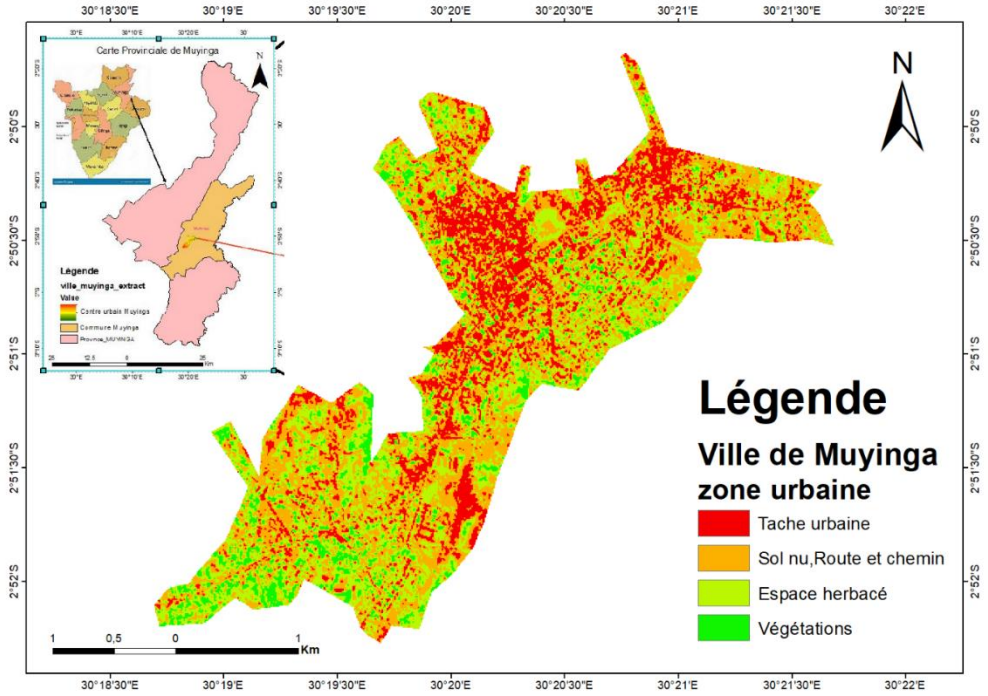


Fig. 1. Carte de la Ville de Muyinga

Source : Réalisé par l'auteur à partir des images satellitaires sentinel-2 de 2022 (2022-06-16-00_00_2022-06-16-23_59_Sentinel-2_L2A_B08_(Raw))

Son Altitude moyenne est de 1683.5m alors que Sa superficie urbaine est relativement à 1178,278ha en 2023 trouvés respectivement en calculant le profil en long de la ville de Muyinga et la dimension de la ville s'appuyant sur le tissu urbain actuel (Google Earth pro 2023). Le climat de Muyinga est de type tropical modéré, avec deux saisons principales : une saison sèche allant de juin à Septembre et une saison des pluies. La température moyenne annuelle varie entre 18 °C et 22 °C. Ce climat favorable permet une activité agricole dense autour de la ville, qui constitue l'une des principales sources de revenu des habitants (Nduwimana, 2021). La topographie de Muyinga est caractérisée par des collines et des vallées entrecoupées de ruisseaux. Cette configuration géographique a une influence directe sur l'extension de la ville, en limitant notamment les possibilités d'urbanisation dans certaines zones (Étude Environnementale de Muyinga, 2019).

L'environnement naturel est dominé par des savanes herbeuses et des zones boisées, bien que celles-ci aient progressivement diminué en raison de la déforestation. En termes d'infrastructures, Muyinga dispose d'un réseau routier relativement développé, reliant la ville aux principales localités environnantes. Cependant, certaines routes secondaires restent difficilement praticables pendant la saison des pluies (Évaluation des infrastructures de Muyinga, 2020). Enfin, la ville de Muyinga joue un rôle stratégique en tant que carrefour commercial et administratif pour toute la région nord-est du Burundi. Sa proximité avec la frontière tanzanienne en fait un point de passage important pour les échanges transfrontaliers**.** La ville de Muyinga ne couvre pas toute la zone administrative de la commune Muyinga c'est pour cette raison que la ville de Muyinga est entourée par des autres collines (Fig2). Les collines et les quartiers partages les mêmes noms comme le quartier Kibogoye et la colline Kibogoye ; quartier kinyota et la colline Kinyota.

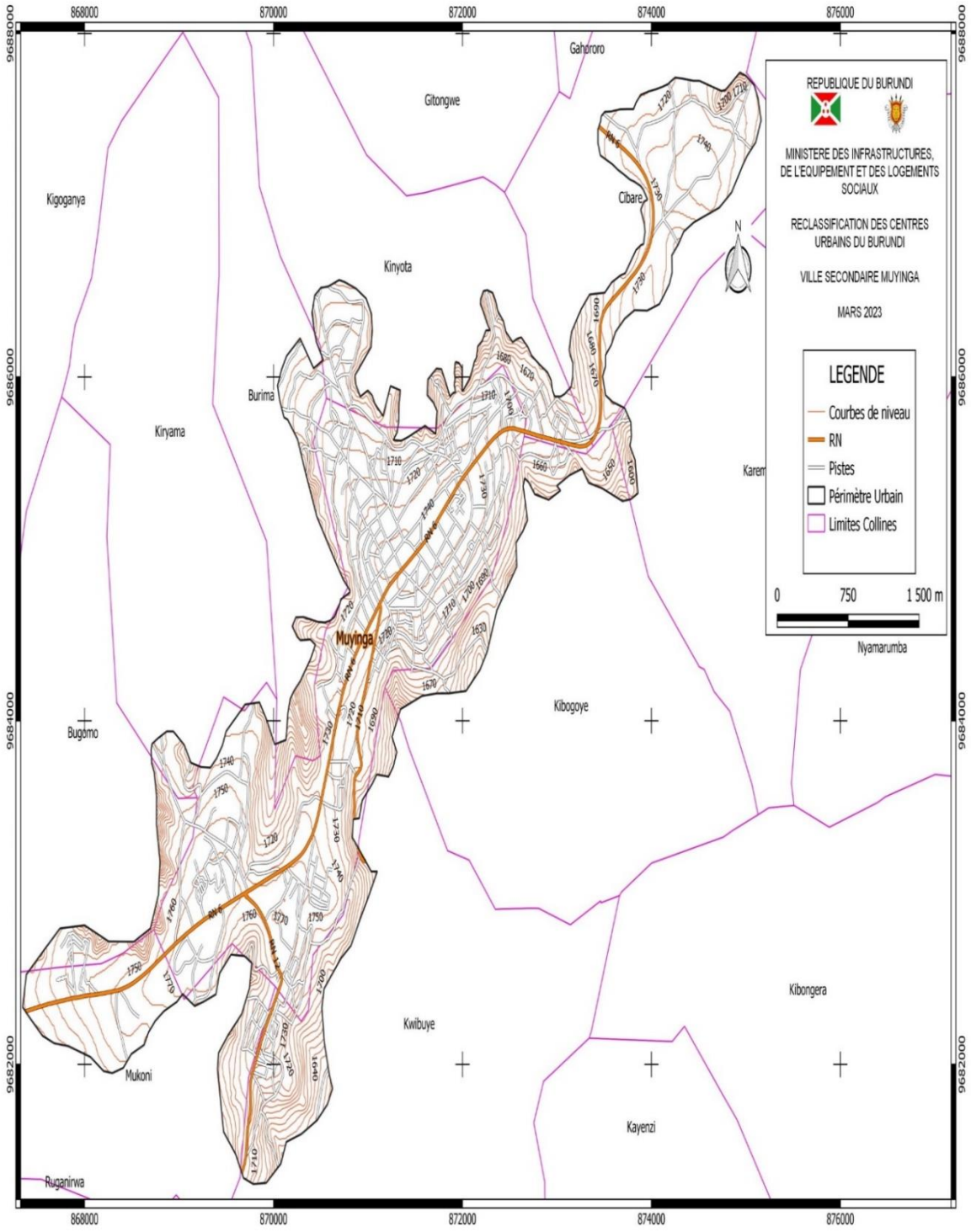


Fig. 2. La carte de courbe de niveau de la ville de Muyinga

Source : OBUHA : Antenne provinciale de Muyinga, Reclassification des centres urbains région Nord, 2023.

II.1.2. Historique de la ville de Muyinga

Muyinga était historiquement une région occupée par les peuples Hutu, Tutsi et Twa, avec une organisation sociale principalement agropastorale. Avant la colonisation, la région faisait partie des territoires administrés par la monarchie burundaise, sous le règne du Mwami (roi), qui nommait des chefs locaux pour gérer les terres et les populations (Nkurunziza, 2005). Avec l'arrivée des colonisateurs allemands au XIXe siècle, Muyinga est progressivement intégrée dans le cadre administratif du protectorat. Après la défaite de l'Allemagne lors de la Première Guerre mondiale, le Burundi passe sous tutelle belge (Mandat de la Société des Nations, 1923), et Muyinga devient un centre administratif régional sous l'administration belge (Chrétien, 1993). L'administration belge met en place une infrastructure rudimentaire, introduisant l'exploitation agricole intensive (notamment du café) et améliorant certaines voies de communication. Muyinga devient un carrefour commercial important reliant le Burundi à la Tanzanie voisine (Ndabirabe, 2010). La colonisation introduit également des missions religieuses qui jouent un rôle clé dans l'éducation et la santé.

Après l'indépendance du Burundi en 1962, Muyinga commence à s'urbaniser avec la création de nouvelles infrastructures publiques, bien que son développement reste inégal en raison des crises politiques qui secouent le pays (Lemarchand, 1994). La guerre civile burundaise (1993-2005) affecte fortement la région, provoquant des déplacements de population et un ralentissement du développement économique (Nimpagaritse, 2008). Depuis les années 2000, Muyinga connaît une croissance rapide, notamment grâce à l'amélioration des infrastructures routières et à l'augmentation de la population urbaine (Institut de Statistiques du Burundi, 2018). Toutefois, cette expansion pose de nombreux défis environnementaux, tels que la gestion des déchets, la déforestation et l'accès à l'eau potable (Habonimana, 2021). L'histoire de Muyinga témoigne d'une transformation progressive, marquée par l'influence coloniale, l'urbanisation et les défis contemporains liés à son expansion rapide.



b)



Photo 1 : Les bâtiments anciens de la ville de Muyinga

Source : Cliché de Jean BIKORIMANA,2024

En 1978, la délocalisé du bureau communal de Rugari à Muyinga. Le bâtiment n'a pas encore changé sauf qu'il y a eu un petit réaménagement donc une partie était le bureau communal et l'autre était le bureau du parti UPRONA. (Photo2)



Photo 2 : L'ancien bureau communal de Muyinga et du parti UPRONA

Source : Cliché de Jean BIKORIMANA, 2024

II.2. Données et Méthodologie de recherche

La méthodologie utilisée dans ce mémoire repose sur une approche mixte combinant l'analyse spatiale à l'aide de la télédétection et des SIG, ainsi que des enquêtes de terrain et des analyses documentaires des différents ouvrages en rapport avec le sujet.

II.2.1. Collecte des données

II.2.1.1. Données de télédétection

- Acquisition d'images satellites de la ville de Muyinga (Landsat, Sentinel-2, Google Earth pro) couvrant la période 2000-2023.
- Sélection d'images à des intervalles de temps réguliers pour suivre l'évolution spatiale de Muyinga.
- Correction radiométrique et atmosphérique des images pour garantir leur comparabilité.

II.2.1.2. Données SIG et cartographiques

- Cartes topographiques et cadastrales de Muyinga.
- Données des institutions locales et nationales (Institut Géographique du Burundi, OBPE, Bureau provincial et communal, etc.).
- Données démographiques et socio-économiques pour comprendre la dynamique urbaine.

II.2.1.3. Données de terrain et enquêtes

- Entretiens avec les autorités locales, urbanistes et environnementalistes.
- Observation et photographie des zones affectées par l'expansion urbaine et les problèmes environnementaux.
- Collecte de coordonnées GPS pour valider certaines données issues des images satellites.

II.2.1.4. Les procédures utilisées pour une enquête

1. Définition des quotas

- **Sélection des critères de stratification** : La première étape consiste à déterminer les variables de stratification (par exemple, âge, sexe, niveau d'éducation, revenu.) qui reflètent les caractéristiques de la population cible.

- **Attribution des quotas** : Détermination du nombre d'individus à échantillonner dans chaque sous-groupe ou quota, en fonction de la proportion de la population totale que chaque sous-groupe représente.

2. Collecte des données

- **Échantillonnage non aléatoire** : choisir des individus dans chaque sous-groupe, mais le choix des participants au sein de chaque quota n'est pas aléatoire. Les personnes sont généralement sélectionnées en fonction de leur disponibilité, de leur accessibilité ou de leur présence dans un certain lieu.
- **Répartition équilibrée** : Chaque quota doit être rempli avant de passer au quota suivant. Cela permet d'assurer que chaque sous-groupe est représenté dans les proportions prévues.

3. Surveillance et ajustement

- **Contrôle des quotas** : Il est essentiel de surveiller continuellement l'échantillonnage pour garantir que chaque quota est bien respecté. Si un quota est sous-représenté, il faut ajuster les critères de sélection pour inclure davantage d'individus correspondant à ce quota.
- **Ajustement dynamique** : Si, au cours de l'enquête, certaines catégories démographiques sont sous-représentées, je dois ajuster une autre approche pour inclure plus de participants de ces groupes.

4. Validation des résultats

- **Vérification de la représentativité** : Après la collecte des données, il est crucial de vérifier si les résultats de l'échantillon correspondent bien à la structure démographique de la population cible. Cela permet de s'assurer que les quotas ont été correctement respectés.
- **Analyse des biais** : La présence des biais prouve l'échantillonnage mal effectué (par exemple, si certains sous-groupes sont ignorés ou sous-représentés). Ces biais doivent être analysés et corrigés dans les résultats si possibles.

5. Échantillonnage de terrain

Enquête face-à-face : L'enquête s'est déroulée en personne, en fonction de la méthode choisie pour collecter les données. Dans ce cas, le choix des participants en fonction des critères de quotas déterminés à l'avance a été appliqué.

6. Outils statistiques pour ajuster l'échantillon

Pondération des résultats : Au moment où l'échantillonnage par quotas n'est pas parvenu à refléter exactement la structure démographique de la population, des pondérations ont été appliquées aux réponses obtenues pour ajuster les résultats finaux.

L'échantillonnage par quotas est particulièrement utile dans des situations où un échantillonnage probabiliste complet n'est pas possible ou nécessaire, mais où il est essentiel d'obtenir une représentation proportionnelle des différents sous-groupes de la population.

II.2.2. Traitement et analyse des données

II.2.2.1. Analyse d'extension urbaine à l'aide des SIG et de la télédétection

La Classification supervisée des images satellites pour identifier occupation du sol (zones urbaines, végétation, zones agricoles). En ArcGIS, la classification supervisée des données raster (souvent utilisée pour classer des images satellites ou des photographies aériennes) consiste à assigner des pixels à des classes prédéfinies, en fonction d'exemples connus. Dans le cadre de l'étude de l'extension urbaine de Muyinga, la classification supervisée permet d'identifier les tendances d'expansion de la ville sur plusieurs années, en analysant des images satellitaires de différentes périodes (Jensen, 2016). Cela facilite l'évaluation des impacts environnementaux tels que la déforestation et l'artificialisation des sols.

II.2.2.2. Outils dans ArcGIS :

- **ArcMap** : Outils de classification supervisée disponibles via le module "Spatial Analyst" et les outils d'analyse d'images.
- **ArcGIS Pro** : Outils de classification supervisée sont intégrés dans la boîte à outils "Image Classification" dans ArcGIS Pro, avec une interface améliorée et une plus grande flexibilité.

II.2.2.3. Étapes générales pour la classification supervisée dans ArcGIS :

1. **Prétraitement des données** : Améliorer la qualité des données raster (mosaïque, correction radiométrique, etc.).
2. **Sélection des échantillons d'entraînement :** Créer des zones d'échantillons pour chaque classe d'intérêt.
3. **Apprentissage supervisé** : Appliquer la méthode choisie pour entraîner le modèle.

4. **Validation et évaluation** : Utiliser une base de données d'évaluation pour mesurer la précision de la classification (matrice de confusion, indice Kappa, etc.).
5. **Post-traitement** : Réaliser une analyse de la précision, ajuster la classification (reclassification si nécessaire), et interpréter les résultats.

Cela m'a donné un bon aperçu des techniques disponibles en ArcGIS pour la classification supervisée car Contrairement à la classification non supervisée, où les classes sont définies automatiquement par des algorithmes, la classification supervisée utilise des échantillons de référence (appelés *truth data*) pour améliorer l'exactitude des résultats (Lillesand et al., 2015). Cela permet une meilleure distinction entre différentes catégories d'occupation du sol, comme les zones urbaines, les terres agricoles et les espaces naturels.

II.2.2.4. Calcul des indices de végétation (NDVI)

Pour mesurer la dégradation environnementale, le calcul du NDVI est indispensable. Dans ArcGIS, il existe plusieurs méthodes pour calculer l'Indice de Végétation par Différence Normalisée (NDVI). Voici un aperçu des techniques utilises dans ce travail :

1. l'outil Raster Calculator

- **Méthode** : L'outil *Raster Calculator* permet de calculer le NDVI directement en utilisant une formule mathématique.
- **Formule** : $NDVI=(NIR-RED)/(NIR+RED)$ où :

NIR est la bande proche infrarouge.

RED est la bande rouge.

- **Étapes** :
    1. Ouvrir l'outil Raster Calculator dans ArcToolbox (Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator).
    2. Entrer la formule en utilisant les noms des bandes des données raster.
    3. Exécuter l'outil pour obtenir le raster NDVI.

2. L'outil *NDVI* dans l'extension *Image Analyst*

- **Méthode** : Si l'extension Image Analyst est activée, il existe un outil pré-configuré pour calculer le NDVI.
- **Étapes** :

1. Dans la barre d'outils Image Analyst, sélectionnez l'outil *NDVI*.
2. Sélectionnez les couches d'images pour les bandes RED et NIR.
3. L'outil génère directement une image NDVI.

II.2.2.5. Analyse des défis environnementaux

- Superposition des cartes d'occupation du sol avec des données environnementales (pollution, érosion, gestion des déchets).
- Évaluation de la réduction des espaces verts et de l'impact des constructions sur l'environnement.
- Identification des zones à risque (érosion, inondations, déforestation).

II.2.2.6. Validation des résultats

- Comparaison des résultats SIG avec les observations de terrain et les données démographiques.
- Recoupement des témoignages des acteurs locaux avec les analyses spatiales.

La figure suivante décrit clairement la zone d'étude pour ce travail



Fig. 3. Image de la ville de Muyinga 2023

Source: Image google earth de 2023

II.2.3. Interprétation et recommandations

- Explication des tendances observées et des causes sous-jacentes de l'expansion urbaine.
- Proposition de solutions pour une meilleure planification urbaine et gestion environnementale.
- Élaboration de recommandations pour intégrer davantage les outils de télédétection et SIG dans la gouvernance locale.

Cette méthodologie m'a permis d'obtenir des résultats précis et quantifiables sur l'évolution spatiale de Muyinga et ses défis environnementaux.

II.2.4. Matériels utilisés

II.2.4.1. Le smartphone comme GPS et Camera

Le Global Positioning System (GPS) est un outil essentiel pour les études géospatiales, en particulier dans le cadre de la télédétection et des Systèmes d'Information Géographique (SIG). L'utilisation d'un GPS sur le terrain permet d'obtenir des données géoréférencées précises, indispensables pour la cartographie, la vérification et la validation des résultats d'analyse issus de l'imagerie satellitaire.

Dans le contexte de l'étude sur l'extension et les défis environnementaux de la ville de Muyinga, le GPS joue plusieurs rôles clés :

1. **Collecte de données de terrain géoréférencées** : Le GPS facilite l'acquisition de coordonnées géographiques exactes des points d'intérêt (limites d'extension urbaine, zones dégradées, points d'eau, etc.). Ces données sont ensuite intégrées dans les SIG pour améliorer la précision des analyses spatiales (Lambin et al., 2001).
2. **Vérification et validation des données satellitaires** : La télédétection produit des images dont l'interprétation nécessite une vérification sur le terrain. Le GPS permet de localiser les points critiques et de comparer les résultats de l'analyse d'image avec la réalité observée (Chuvieco, 2016).
3. **Mise à jour des bases de données géospatiales** : L'évolution rapide de la ville de Muyinga entre 2000 et 2023 impose une mise à jour régulière des données. Le GPS assure cette actualisation en identifiant de nouvelles infrastructures ou des changements environnementaux non encore répertoriés (El-Rabbany, 2002).

Ainsi, l'utilisation d'un GPS contribue à réduire l'incertitude liée aux données géospatiales et améliore considérablement la qualité et la fiabilité des résultats. Il est particulièrement utile dans les études longitudinales comme celle de la ville de Muyinga, où l'évolution spatiale et environnementale sur une période de 23 ans nécessite une vérification continue des données

II.2.4.2. Un décamètre

Le décamètre, qui est une bande de mesure graduée en mètres et en décimètres sur une longueur standard de 20 à 50 mètres, joue un rôle clé dans les relevés topographiques, les vérifications des distances, et la validation des données géospatiales. Il constitue un outil de base pour les mesures linéaires sur le terrain, particulièrement dans les études environnementales et d'urbanisation (Kouadio et al., 2018).

L'utilisation d'un décamètre permet de comparer les distances mesurées sur les images satellitaires avec les distances réelles observées sur le terrain. Cela est crucial pour corriger les erreurs de géoréférencement et améliorer la précision des modèles SIG (Koffi, 2020). Par exemple, lors de la cartographie des zones urbaines de Muyinga, les données du décamètre servent à vérifier l'exactitude des périmètres bâtis et des distances entre les infrastructures urbaines, facilitant ainsi l'interprétation correcte des données spatiales (Ndikumana, 2019).

II.2.4.3. Digital Voice recorder WS-822

Dans le cadre de cette recherche sur l'extension et les défis environnementaux de la ville de Muyinga entre 2000 et 2023, l'utilisation d'un enregistreur vocal numérique, en particulier le Digital Voice Recorder WS-822, s'avère cruciale pour la collecte des données qualitatives sur le terrain. Cet outil facilite l'enregistrement et la conservation d'informations verbales lors des entretiens avec des acteurs locaux, des autorités municipales et des experts environnementaux.

L'enregistreur vocal WS-822 présente plusieurs avantages qui le rendent adapté pour la recherche en géographie et en études environnementales. Tout d'abord, il permet une capture fidèle des témoignages et des discussions sans perte d'information (Wheeler, 2012). Contrairement à la prise de notes manuelle, il offre la possibilité d'enregistrer des données de manière continue, réduisant ainsi les risques d'omission (Creswell, 2013). Avec une capacité de mémoire importante et une autonomie prolongée, cet appareil peut être utilisé sur de longues sessions d'enquête sur le terrain, particulièrement dans des zones où les conditions ne permettent pas toujours une prise de notes fluide.

De plus, le WS-822 permet une indexation rapide des enregistrements, ce qui facilite l'analyse ultérieure des entretiens, notamment dans les approches qualitatives comme l'analyse de contenu ou l'analyse thématique (Gibbs, 2018). Cette fonctionnalité s'est avérée essentielle pour recueillir des perceptions locales sur l'impact de l'urbanisation et les défis environnementaux rencontrés à Muyinga.

Enfin, les enregistrements obtenus à l'aide de l'enregistreur peuvent être stockés et réécoutés à plusieurs reprises, garantissant ainsi la fiabilité et la vérifiabilité des données collectées (Yin, 2014). Cela est particulièrement important lorsqu'il s'agit de croiser les informations obtenues avec les résultats issus de la télédétection et des SIG, afin de mieux comprendre les processus d'extension urbaine et leurs impacts sur l'environnement.



2. Photo 3: Digital Voice recorder WS-82

Source : cliché de Jean Bikorimana, 2024

II.3. Conclusion

En somme, la méthodologie adoptée dans cette recherche combine l'analyse spatio-temporelle, basée sur les outils de télédétection et des Systèmes d'Information Géographique (SIG), avec des enquêtes de terrain pour assurer une compréhension approfondie de l'extension urbaine de Muyinga et de ses impacts environnementaux. L'utilisation des images satellitaires, couplée aux techniques de traitement et d'analyse dans un environnement SIG, a permis d'identifier les dynamiques spatio-temporelles de l'occupation du sol entre 2000 et 2023. Cette approche s'avère particulièrement efficace dans l'analyse des transformations urbaines et environnementales (Mas et al., 2014), car elle fournit des données précises et facilement comparables sur les changements d'occupation du sol (Lillesand et Kiefer, 2015).

Les images Landsat ont été choisies en raison de leur disponibilité gratuite et de leur résolution temporelle adéquate pour une analyse sur une longue période (Chuvieco, 2016). Le prétraitement des données satellitaires, comprenant la correction radiométrique et atmosphérique, a été essentiel pour garantir la fiabilité des résultats (Song et al., 2001). Par ailleurs, les enquêtes menées auprès des acteurs locaux ont permis de compléter les résultats obtenus par l'analyse géospatiale, en apportant des informations qualitatives sur les facteurs socio-économiques influençant l'expansion urbaine et ses effets sur l'environnement (Di Gregorio & Jansen, 2005).

Cette méthodologie mixte, articulant la télédétection, les SIG et les enquêtes de terrain, constitue donc une base solide pour évaluer l'impact des dynamiques d'urbanisation sur l'environnement à Muyinga. Elle offre également des perspectives intéressantes pour la planification urbaine et la gestion durable du territoire.

CHAP III : ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

III.1. Analyse de l'extension spatiale de la ville de Muyinga (2000-2023)

III.1.1. Dynamique de l'urbanisation

Les résultats issus de la télédétection révèlent une croissance significative de l'urbanisation à Muyinga entre 2000 et 2023. L'analyse des images satellitaires montre une augmentation des surfaces bâties, souvent au détriment des terres agricoles et des espaces naturels. Cette tendance est conforme aux observations faites dans d'autres villes africaines où l'urbanisation rapide est souvent désordonnée et liée à une forte pression démographique (Benedict & Li, 2021).

La figure ci-dessous illustre l'extension spatiale de la ville de Muyinga selon la différence des années de 2005-2023. (Fig3)

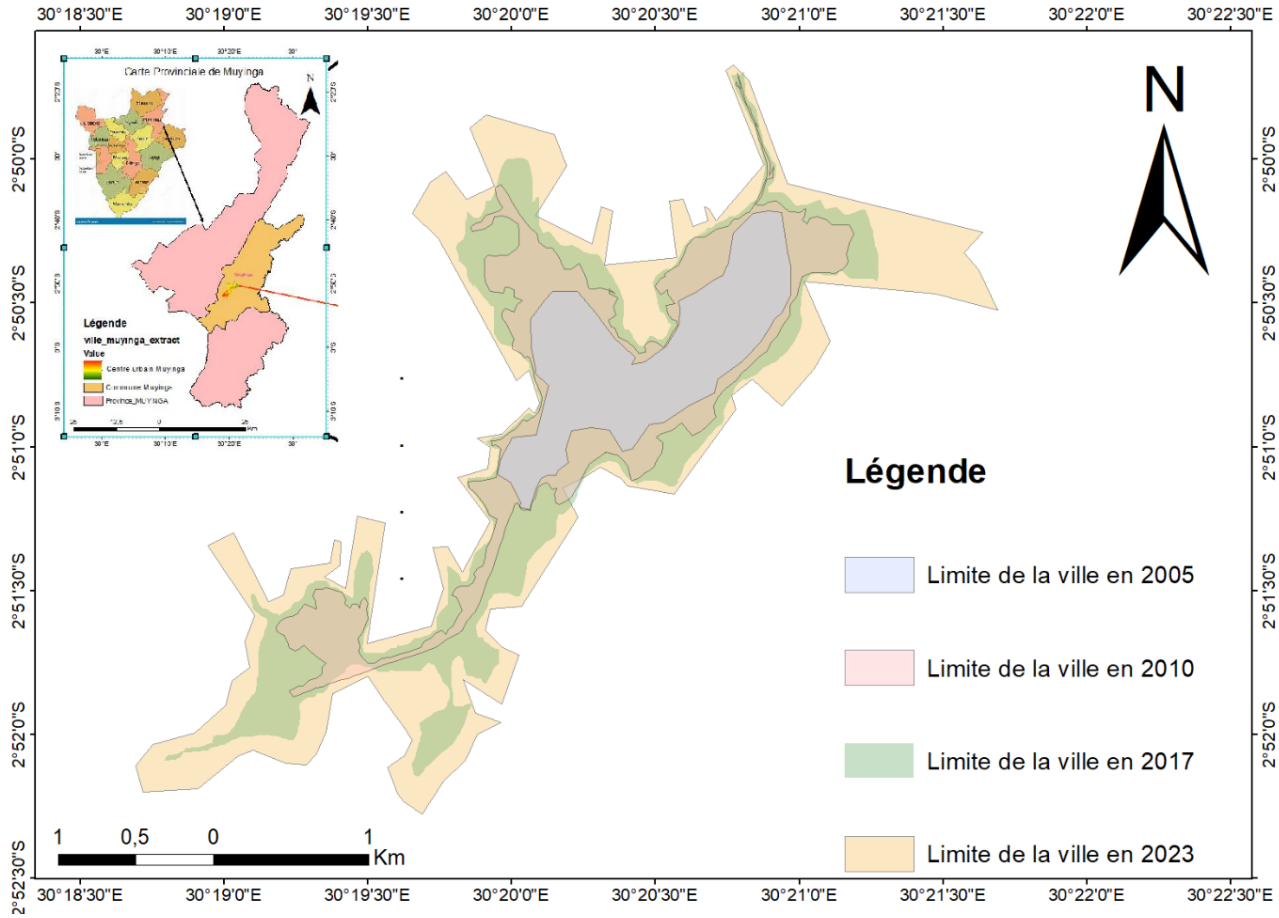


Fig. 4. Carte de l'étalement de la ville de Muyinga de 2005 à 2023

Source : réalisé par l'auteur à partir des images de Google Earth prob de 2005,2010,2017,2023

Les photos 4 mettent en évidence l'extension anarchique de la ville de Muyinga dans le coté de l'Est de la ville (photo4) et l'ouest de la ville de telle manière que les anciens champs de culture sont devenus des parcelles pour la construction.



Photo 4 : Occupation anarchique vers les champs de culture

Source : cliché de Jean Bikorimana, 2024

III.1.2. Facteurs de l'expansion urbaine

L'expansion urbaine est influencée par plusieurs facteurs :

- **Croissance démographique** : Muyinga connaît une augmentation continue de sa population, entraînant une demande accrue en logements et infrastructures (UN-Habitat, 2020).
- **Migration rurale-urbaine** : L'exode rural contribue à l'expansion spatiale de la ville, un phénomène observé dans de nombreuses villes africaines en développement (Seto et al., 2012).
- **Aménagement du territoire et politiques urbaines** : L'absence d'un plan directeur efficace aggrave la dispersion des zones urbanisées, ce qui entraîne des défis en matière d'infrastructures et de gestion des ressources (Kombe, 2021).

La carte suivante montre les détails de l'étalement récurrent de la ville de Muyinga depuis les années 2005 à 2023 par l'analyse des images tirées du google Earth pro.

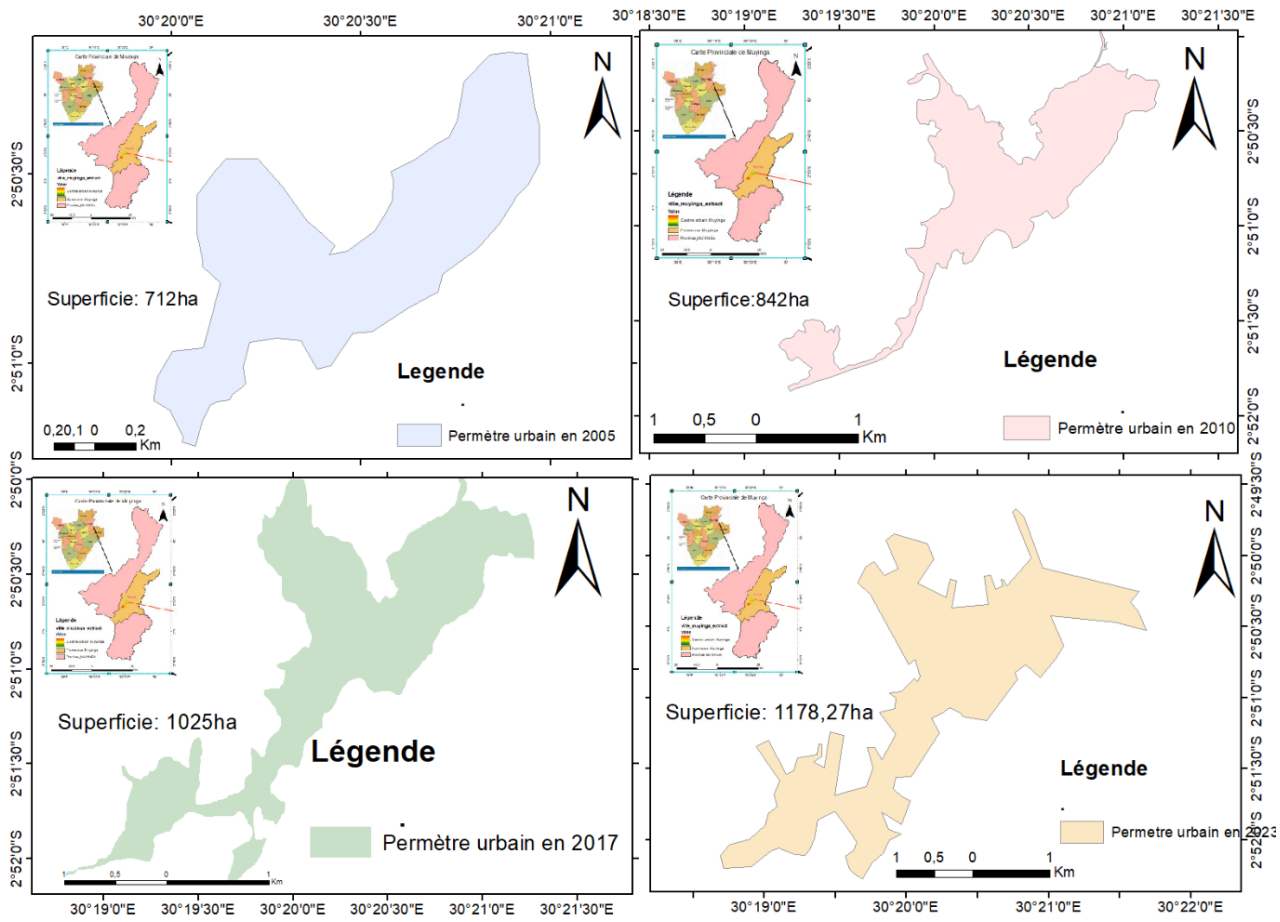


Fig.5. La Carte illustrative de l'étalement urbain

Source : carte réalisée par l'auteur dans ArcGIS par des données de google Earth pro de 2005 à 2023

En observant les cartes, l'extension est progressive car en 2005, l'extension est concentrée autour du centre administratif. En 2010, l'expansion commence à suivre les axes routiers vers les périphéries sud et ouest. En 2015, on observe un phénomène de périurbanisation avec la création de nouveaux quartiers résidentiels. En 2023, l'urbanisation atteint des zones rurales proches, réduisant les espaces agricoles.

III.2. Défis environnementaux liés à l'extension urbaine

III.2.1. Déforestation et dégradation des sols

L'analyse des images satellites révèle une diminution progressive des zones boisées autour de Muyinga, principalement en raison de l'extension des zones résidentielles et agricoles. La déforestation accélère l'érosion des sols, un problème critique dans cette région où la topographie est souvent accidentée (FAO, 2021).

Les images suivantes montrent la différence de l'occupation du sol entre la zone conservée de l'Eglise catholique et le reste de la partie exploitée par la population locale. Le territoire de l'évêché est couvert de la végétation tandis que l'autre partie est totalement nue.



Photo 5 : Espace végétalisée et un sol nu

Source : Cliche par BIKORIMANA Jean,2024

Dans le quartier Kinyota, ils ont construit de façon spontanée de telle manière ils ont fermé les voiries ; les infrastructures de la regideso comme le câble électrique passe au-dessus des constructions alors que c'est contre indiqué. Voir les photo 8,9et 10

III.2.2. Impact de la construction désordonnée

La construction désordonnée entraîne une destruction massive des espaces naturels, notamment les collines et les zones de végétation. Cela provoque une diminution de la couverture végétale, entraînant des risques accrus d'érosion des sols et de glissements de terrain. (Ndayiragije. F.,2018). La construction anarchique favorise l'apparition de quartiers précaires, où les conditions de vie sont souvent difficiles : accès limité à l'eau potable, manque d'assainissement, insécurité, etc. Ces bidonvilles peuvent également devenir des foyers de maladies. (UN-Habitat, 2021). Les photos suivantes montrent clairement la naissance des quartiers précaires dans la ville de Muyinga.



Photo 6,7et 8 : Construction spontanée à Kinyota

Source : cliché de Jean Bikorimana, 2024

III.3. Apport de la télédétection et des SIG dans l'analyse environnementale

L'utilisation de la télédétection et des SIG dans cette étude a permis de : Cartographier l'évolution de l'occupation du sol et d'identifier les tendances d'urbanisation à Muyinga, analyser les changements environnementaux, notamment la déforestation, la perte des terres agricoles et l'expansion des infrastructures, modéliser les risques environnementaux liés à l'urbanisation et proposer des stratégies de gestion durable. Ces outils sont largement utilisés dans la planification urbaine et l'analyse des impacts environnementaux en Afrique (Mohamad & Helbich, 2017). Pour mieux analyser l'impact de la dégradation environnementale, la comparaison de deux cartes de la NDVI l'une de 2023 et l'autre de 1990 montre clairement un changement dans la couverture de végétaux. En tenant compte de la classe des végétaux le constat est en 1990 la couverture végétale dans la ville de Muyinga n'était pas dégradé par rapport la couverture de 2023. L'observation de la figure 8 et 9 confirme la dégradation environnementale dans la ville de Muyinga.

III.3.1. Comparaison de la NDVI (1990 et 2023)

III.3.1.1. Analyse du NDVI en 1990

En 1990, la ville de Muyinga présentait une couverture végétale relativement dense, en particulier dans les zones périphériques. Les données issues des images Landsat TM montrent que la majeure partie des terres autour de la ville était encore consacrée à des activités agricoles traditionnelles et à des forêts secondaires. Le NDVI moyen de cette période se situait entre 0,4 et 0,6, indiquant une végétation en bon état, notamment dans les collines environnantes (Mutabazi, 2002). Selon les analyses de Mutabazi (2002), les pressions anthropiques sur l'environnement étaient encore limitées, et les activités urbaines ne s'étendaient pas au-delà du noyau central de Muyinga. Cela a permis de maintenir une couverture végétale importante jusqu'à la fin du 20e siècle.

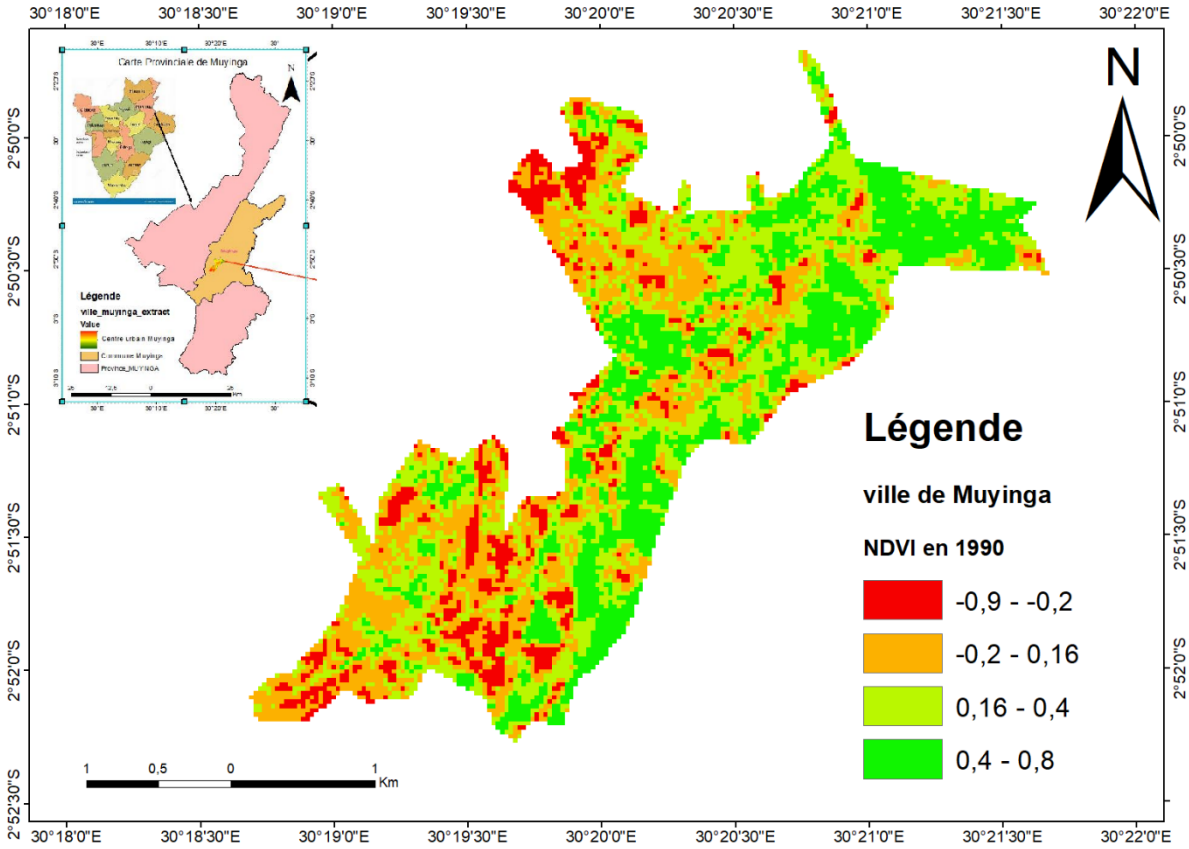


Fig.6. La carte de la NDVI de la ville de Muyinga en 1990

Source :Image Landsat-5 de 1990(LT05_L1GS_172062_19900723_20200916_02_T2)

III.3.1.2. Analyse du NDVI en 2023

En 2023, les données issues des images Sentinel-2 montrent une réduction significative de la couverture végétale dans la ville de Muyinga et ses alentours immédiats. Cette évolution est principalement due à l'expansion urbaine rapide et à la conversion des terres agricoles en zones résidentielles et commerciales (Ndayikengurukiye, 2023). Le NDVI moyen se situe désormais entre 0,2 **et** 0,4, ce qui reflète une diminution de la densité végétale, notamment dans les zones en périphérie du centre-ville.

Les forêts secondaires ont largement disparu, remplacées par des constructions et des infrastructures routières. La cartographie réalisée dans le cadre de cette étude révèle une nette fragmentation des espaces verts, laissant place à des paysages urbains fortement anthropisés (Ndayikengurukiye, 2023 ; Nduwimana et al., 2021).

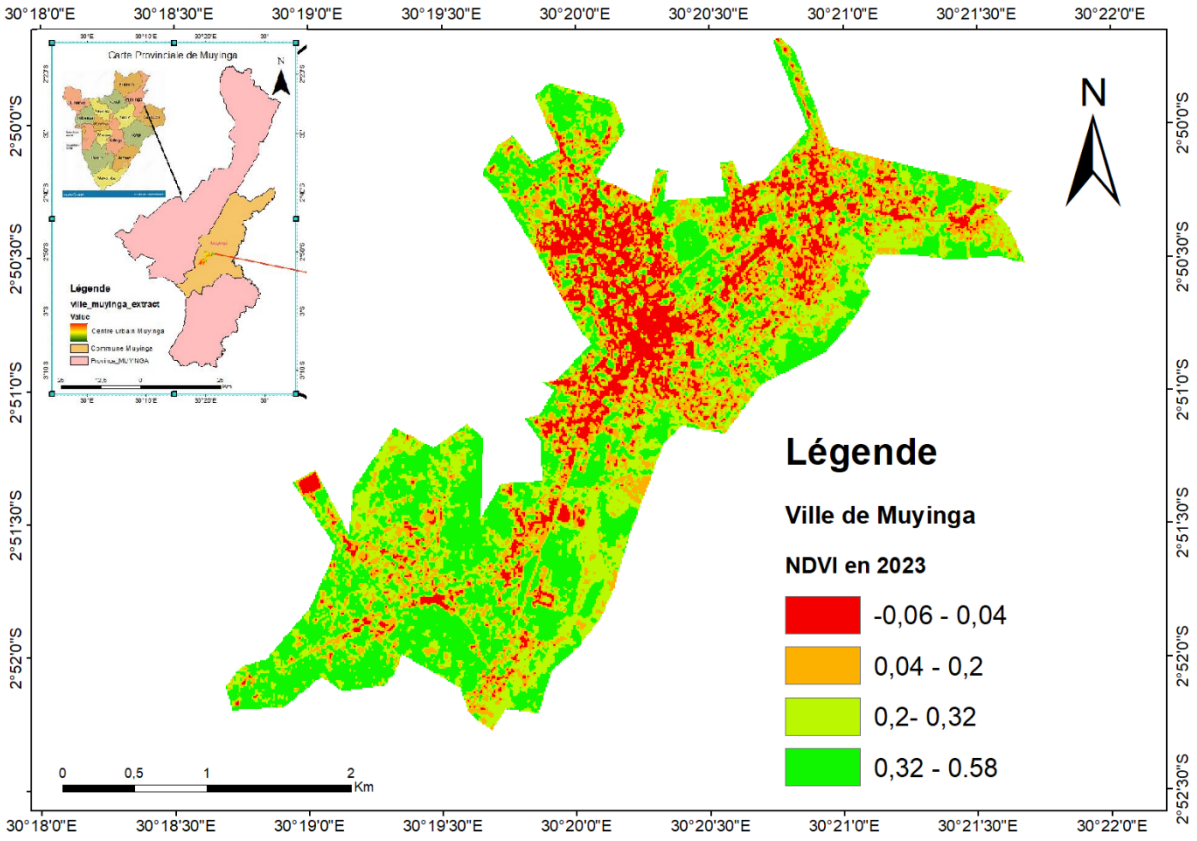


Fig. 7. La carte de la NDVI de la ville de Muyinga en 2023

Source : Image Landsat-5 de 2023(LC08_L1TP_172062_20230123_20230207_02_T1_B8)

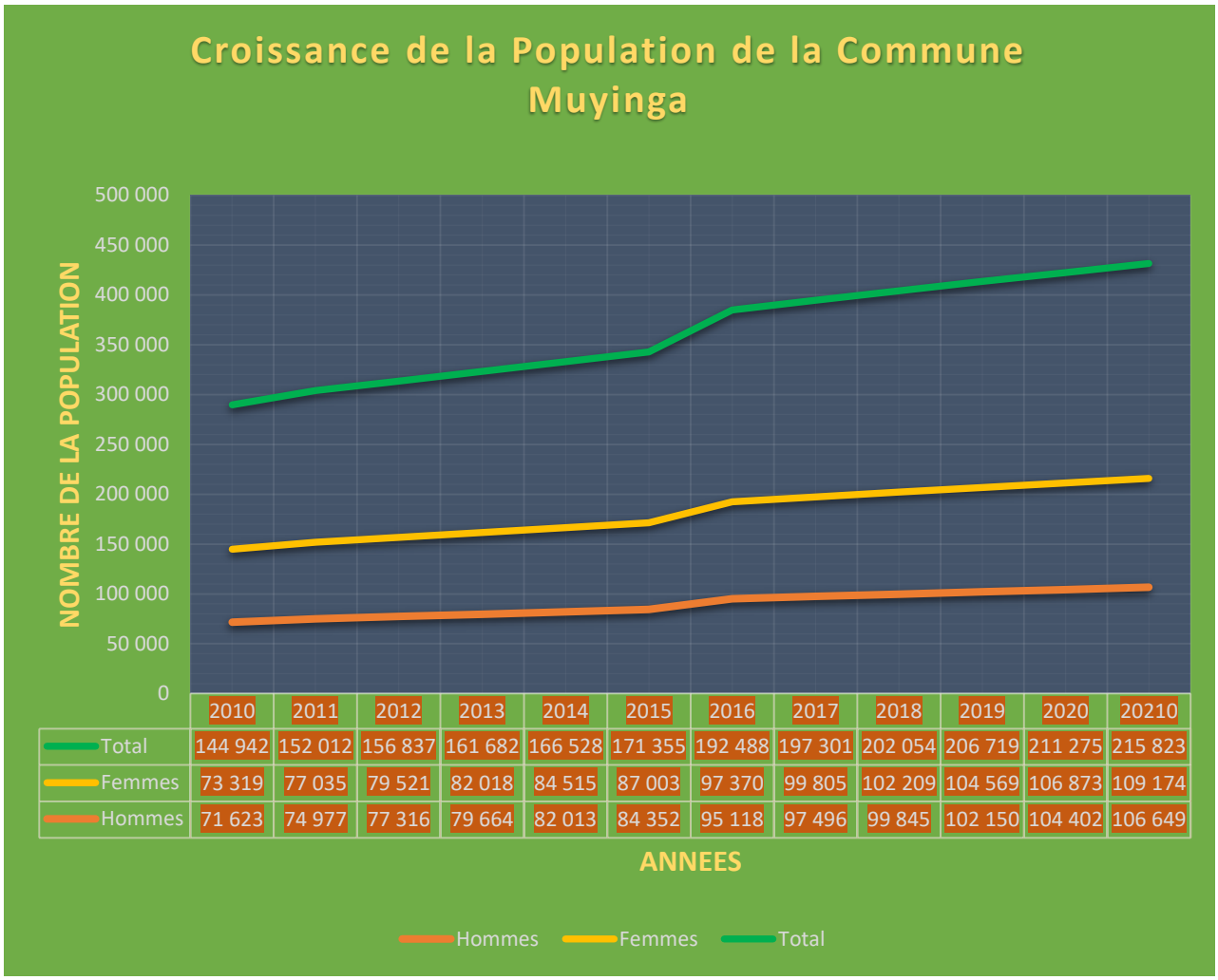
III.3.2. Pression démographique

La croissance démographique de la ville de Muyinga entraine l'augmentation de la superficie bâtie. En 2000 la population de la commune de Muyinga était estimée à 92 574 habitats mais dix ans après, en 2010, la population est devenue 144 942 habitats (tableau 3) soit une croissance de 56.5% de la population. Sachant que la population est passée de 152 012 en 2011 à 245 059 en 2023, la population augmente de 61.2%. Pour mieux comprendre la croissance démographique de la ville de Muyinga, partons du le tableau 2 d'évolution communale de la population ainsi que son graphique tout en sachant que la ville de Muyinga compte à elle seule 23.6% de toute la population de la commune Muyinga. (Voir le tableau 2). Pour répondre aux défis de la pression démographique, il est crucial de renforcer l'aménagement du territoire et de mettre en place des politiques de développement urbain durable. L'utilisation de la télédétection et des systèmes d'information géographique (SIG) constitue une solution efficace pour surveiller l'expansion urbaine et planifier l'avenir de Muyinga.

Tableau 1 : Croissance de la population de la commune de Muyinga

Années	Hommes	Femmes	Total
2010	71 623	73 319	144 942
2011	74 977	77 035	152 012
2012	77 316	79 521	156 837
2013	79 664	82 018	161 682
2014	82 013	84 515	166 528
2015	84 352	87 003	171 355
2016	95 118	97 370	192 488
2017	97 496	99 805	197 301
2018	99 845	102 209	202 054
2019	102 150	104 569	206 719
2020	104 402	106 873	211 275
2021	106 649	109 174	215 823

Source : Annuaire statistique du Burundi année 2021



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	20210
Total	144 942	152 012	156 837	161 682	166 528	171 355	192 488	197 301	202 054	206 719	211 275	215 823
Femmes	73 319	77 035	79 521	82 018	84 515	87 003	97 370	99 805	102 209	104 569	106 873	109 174
Hommes	71 623	74 977	77 316	79 664	82 013	84 352	95 118	97 496	99 845	102 150	104 402	106 649

Graphique 1 : Croissance de la population de la Commune Muyinga de 2010-2021

Source : Annuaire statistique du Burundi année 2021

III.3.3. Assainissement et voirie

Le manque de planification de la ville de Muyinga marque une absence d'assainissement des eaux pluviales cela veut dire que la ville n'a pas été assainie de telle manière que la réalisation du réseau d'égout destine à recevoir toutes les eaux y compris les eaux de pluie a été négligée. Ça a été difficile de faire des collecteurs larges et redimensionnés pour protéger la ville contre la création des ravins dus au ruissellement.

La partie en aval des quartiers Mukoni, Swahili et Kibogoye est menacée par des ravins ainsi que la perte en terre du sol cultivable surtout la vallée de Nyamaso là où s'effectuent tous les dépôts des ruissellements qui couvrent les cultures de ladite vallée.

Les photos 9 montrent la création des ravins du nord au sud du quartier Swahili avec les impacts sur la vie humaine.

a.



b.



c.



d.



e.



f.



g.



h.



Photo 9 : Création des ravins par des eaux de ruissellement en quartier Swahili.

Source : Cliché de Jean BIKORIMANA, 2024

Tous ces photos illustrent les impacts sociales et économiques sur la population locale. On peut dire les dommages aux infrastructures (Les routes, les bâtiments et les installations publiques) qui peuvent être endommagés par les inondations fréquentes, nécessitant des réparations coûteuses, la baisse de la production agricole : L'érosion et les inondations affectent les terres agricoles, réduisant la production et augmentant l'insécurité alimentaire.

III.3.4. Les Défis environnementaux de l'étalement de la ville de Muyinga

L'augmentation de la population et l'apparition de la consommation de masse dans la ville de Muyinga surtout en 1994 avec la crise politique ce qu'on appelle aujourd'hui de surconsommation ont bouleversé l'écosystème naturel du milieu. Celle-ci a des impacts négatifs majeurs sur l'environnement car la préservation de l'environnement naturel, de la biodiversité, de la capacité des écosystèmes à se régénérer, ainsi que l'utilisation des ressources naturelles. Ces impacts conduisent à la dégradation de l'environnement.



Photo 10 : Risque d'accident aux humains

Source : Cliché de Jean Bikorimana, 2024

A base de cette image, le constant est que la ville de Muyinga est menacée par des ravins, les inondations fréquentes peuvent forcer certaines familles à se déplacer, aggravant la précarité et la vulnérabilité des communautés touchées. Les désagréments causés par les inondations récurrentes (détérioration de l'environnement, pollution, risques sanitaires) diminuent la qualité de vie des habitants.

III.3.5. Cartographie de l'occupation du sol de la ville de Muyinga

A base des images satellitaires landsat-5 de 1990, 2009 et 2023 téléchargées sur le site Earthexplorer-USGS ; nous avons réalisé trois cartes thématiques selon l'année.

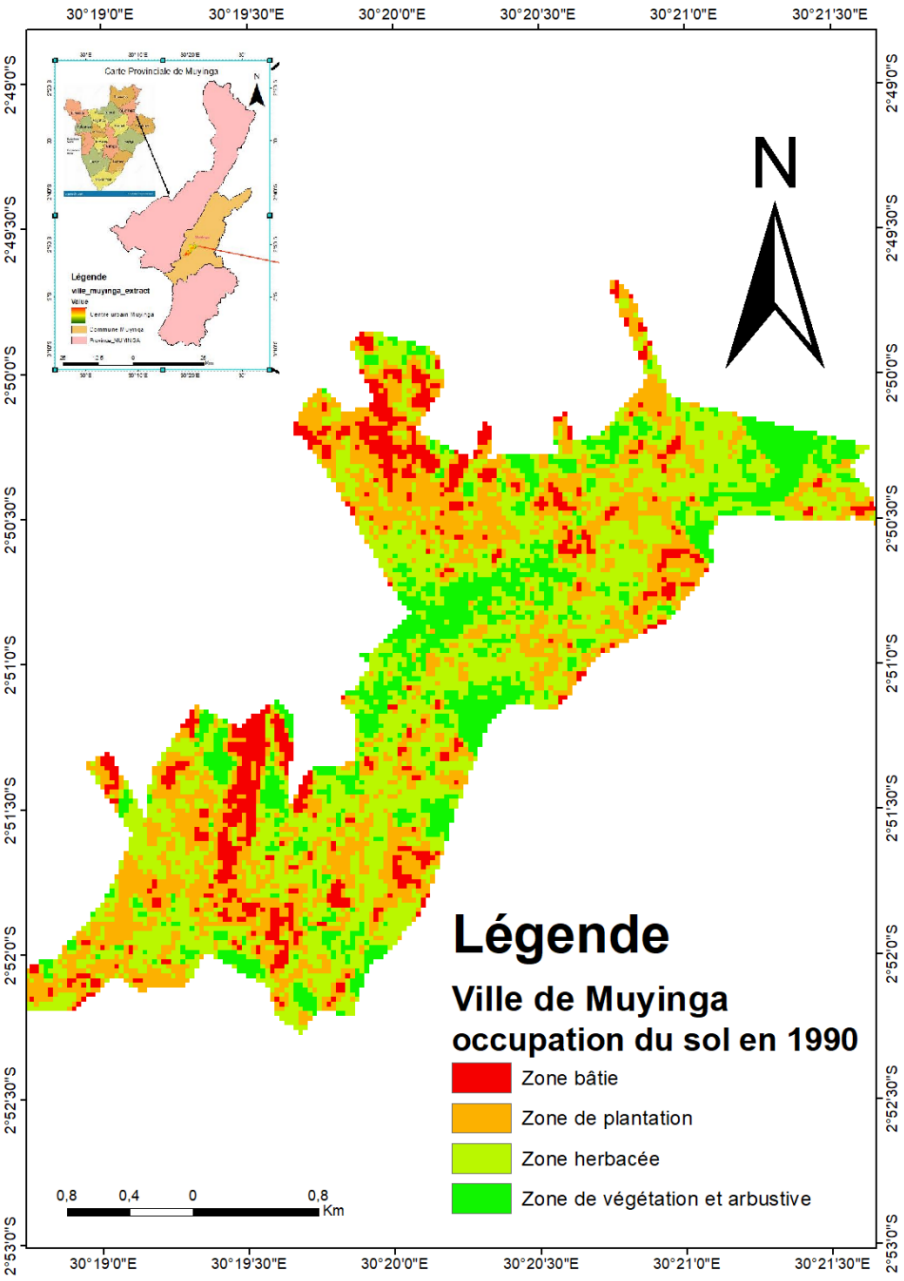


Fig. 8. Carte de l'Occupation du sol en 1990

Source : Image landsat-5 de 1990**(LT05_L1GS_172062_19900723_20200916_02_T2)**

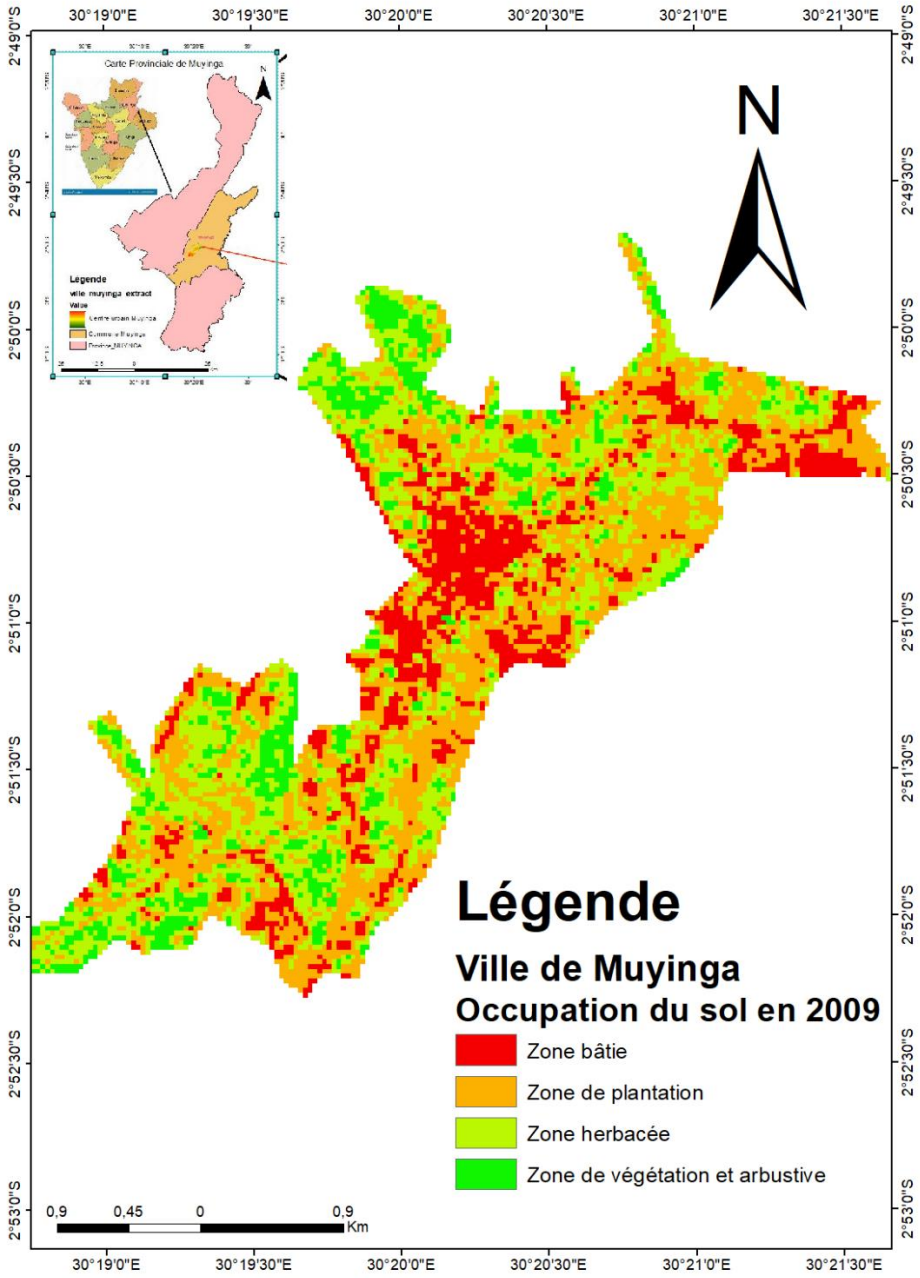


Fig. 9. Carte de l'Occupation du sol en 2009

Source : Image landsat-5 de 2009(LT05_L1TP_172062_20090625_20200827_02_T1)

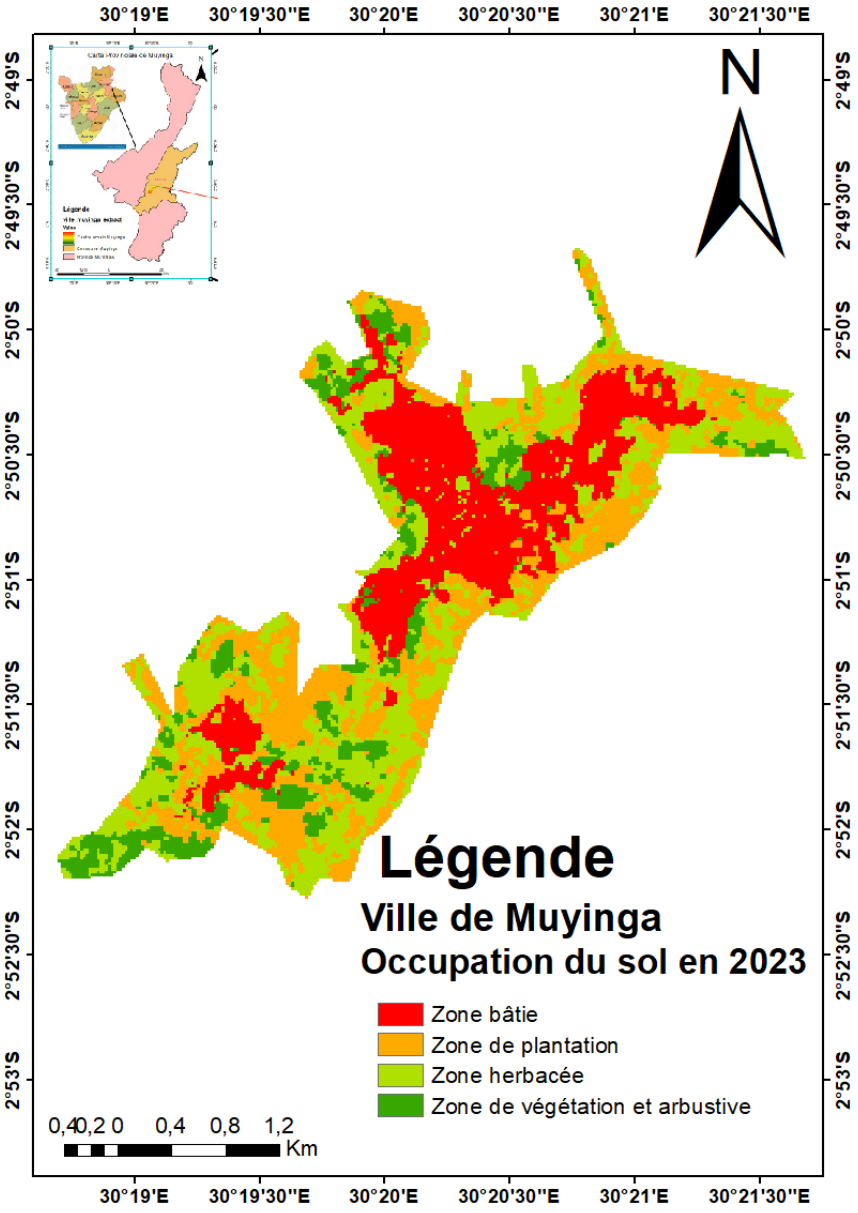


Fig. 10. Carte de l'Occupation du sol en 2023

Source : Image landsat-5 de 2023 (**LC08_L1TP_172062_20230123_20230207_02_T1_B8)** et MNT_ land use

Sans changer les classes avec des images landsats-5 prises dans les mêmes conditions atmosphériques, la comparaison des trois cartes d'occupation du sol des années 1990,2009 et 2023 montre que la couverture du sol de la ville de Muyinga a changé. La zone bâtie continue à s'élargir même dans les zones qui étaient occupée par des végétations et les anciens champs de cultures. Fig. 7,8 et 9.

III.3.6. Pollution et gestion des déchets

L'urbanisation rapide entraîne une augmentation des déchets solides et liquides, souvent mal gérés en l'absence d'un système structuré de collecte et de recyclage. Ce phénomène est particulièrement visible dans les cours d'eau et les zones périphériques où les déchets s'accumulent, menaçant la biodiversité locale et la qualité de l'eau (Nhamo et al., 2022). Les déchets sont éparpillés n'importe où dans la ville de Muyinga plus particulièrement au marché central. Les poubelles qui se trouvent à la partie Est du marché sont mal utilisées. La population environnante dit qu'elles ont été mal faites car la mise des portes devait repecter le déchargement facile des déchets.



Photo 9 : La mauvaise gestion des déchets dans la ville de Muyinga.

Source : Cliché de Jean BIKORIMANA, 2024

III.4. Perspectives et recommandations

- **Amélioration de la planification urbaine** : L'intégration des SIG dans la gestion de l'urbanisation permettrait de mieux contrôler l'expansion urbaine et d'optimiser l'utilisation des sols.
- **Renforcement des politiques environnementales** : La mise en place de réglementations pour limiter la déforestation et gérer les déchets urbains est essentielle.
- **Sensibilisation et participation communautaire** : Impliquer la population dans les projets de reboisement et la gestion des ressources naturelles améliorerait la résilience urbaine.

III.5. Discussion des résultats

III.5.1. Analyse de l'extension spatiale de la ville de Muyinga de 2000 à 2023

Les résultats obtenus grâce à l'analyse des images satellitaires montrent une expansion rapide de la ville de Muyinga au cours des 23 dernières années. Entre 2000 et 2023, la surface bâtie a considérablement augmenté, au détriment des espaces naturels et agricoles. Cette tendance est conforme aux observations de Bakama (2018)**,** selon lesquelles les villes africaines de taille moyenne connaissent une croissance rapide sous l'effet de l'urbanisation et de la pression démographique.

L'analyse spatio-temporelle à travers les Systèmes d'Information Géographique (SIG) a permis d'identifier les zones où l'expansion a été la plus marquée. Les quartiers périphériques de Muyinga, notamment à l'est et au sud-ouest, ont connu une urbanisation accrue. Cette évolution est cohérente avec les théories de l'étalement urbain décrites par Alberti (2005), qui associe la croissance urbaine à des facteurs socio-économiques et au développement des infrastructures.

III.5.2. Défis environnementaux liés à l'expansion urbaine

L'expansion rapide de Muyinga s'accompagne de nombreux défis environnementaux. Parmi ceux-ci, on note la réduction significative des espaces verts et des zones agricoles, l'érosion des sols et l'augmentation des risques d'inondation. Comme le souligne Foody (2002)**,** l'urbanisation non maîtrisée perturbe les écosystèmes locaux et aggrave les risques environnementaux. Les cartes d'occupation du sol montrent une diminution des zones forestières et des marécages, ce qui affecte la biodiversité locale. Cette situation est aggravée par l'absence de politiques d'aménagement efficaces, un phénomène également observé dans d'autres villes de la région des Grands Lacs (Muhire et Niyungeko, 2021).

Par ailleurs, les problèmes de gestion des déchets solides se sont accentués avec l'augmentation de la population urbaine. Les déchets ménagers s'accumulent dans les ravins, obstruant les canaux naturels de drainage, ce qui favorise les inondations pendant les saisons pluvieuses (Nzisabira, 2015).

III.5.3. Apport des SIG et de la télédétection dans l'évaluation de l'extension urbaine et des défis environnementaux

L'utilisation des SIG et de la télédétection s'est révélée essentielle pour quantifier et cartographier les changements d'occupation du sol à Muyinga. Ces outils ont permis de détecter avec précision les dynamiques spatiales et d'analyser les impacts environnementaux de l'extension urbaine. Comme le souligne Campbell (2011)**,** la télédétection offre une vue d'ensemble des changements à long terme, facilitant ainsi la prise de décision en matière d'aménagement du territoire.

Les images Landsat utilisées dans cette étude ont permis de détecter les transformations majeures du paysage urbain. L'analyse multi-temporelle a confirmé l'efficacité des méthodes de classification supervisée pour cartographier les changements d'occupation du sol, en accord avec les recommandations de Jensen (2007) sur l'utilisation des images satellitaires pour le suivi environnemental.

III.5.4. Perspectives et recommandations

Les résultats de cette étude soulignent la nécessité d'un aménagement urbain plus intégré et respectueux de l'environnement. Il est impératif de renforcer les politiques d'aménagement pour limiter l'étalement urbain et préserver les zones écologiquement sensibles. La mise en place d'un système de suivi environnemental basé sur les SIG et la télédétection permettrait de mieux anticiper les changements futurs et d'adopter des stratégies de gestion durable.

La collaboration entre les autorités locales, les urbanistes et les chercheurs est essentielle pour élaborer des solutions innovantes face à ces défis. Par ailleurs, des campagnes de sensibilisation sur les effets de l'urbanisation non maîtrisée contribueraient à une meilleure gestion environnementale.

CONCLUSION GENERALE

L'étude de l'extension spatiale et des défis environnementaux de la ville de Muyinga entre 2000 et 2023, en s'appuyant sur les outils de la télédétection et des systèmes d'information géographique (SIG), a permis de mettre en évidence l'ampleur et les dynamiques de l'expansion urbaine. Les résultats montrent que Muyinga a connu une croissance spatiale significative, liée principalement à l'accroissement démographique et au développement des infrastructures, mais également à l'urbanisation non planifiée (Buhungu et al., 2020). Cette expansion rapide s'est accompagnée de plusieurs défis environnementaux, notamment la dégradation des sols, la réduction des espaces verts et l'altération des cours d'eau (Habonimana, 2019).

Les analyses spatiales effectuées grâce aux images satellitaires et aux outils SIG ont permis d'identifier les zones les plus touchées par cette dégradation environnementale. Entre 2000 et 2023, les superficies occupées par les espaces agricoles et forestiers ont diminué au profit des surfaces bâties. Cette évolution met en évidence la nécessité d'une planification urbaine durable pour limiter l'impact de l'urbanisation sur l'environnement (Ndikumasabo, 2021). Sans une intervention appropriée, ces phénomènes risquent de s'intensifier, accentuant ainsi les risques de catastrophes naturelles, notamment les inondations et l'érosion des sols.

En outre, l'utilisation des SIG et de la télédétection a révélé leur importance comme outils d'aide à la décision en matière de gestion urbaine et environnementale. Grâce à ces technologies, il est possible de suivre en temps réel l'évolution spatiale de la ville et de mieux anticiper les problèmes futurs (Kayitesi et Manirakiza, 2022). Leur intégration dans les stratégies de gestion territoriale constitue donc une solution incontournable pour faire face aux défis environnementaux et assurer un développement urbain harmonieux.

Il apparaît clairement que l'urbanisation de Muyinga est à un tournant décisif. Les autorités locales et les acteurs de la société civile doivent conjuguer leurs efforts pour promouvoir une gestion durable du territoire. Il est impératif d'établir des politiques d'aménagement du territoire tenant compte des réalités environnementales et socio-économiques afin de garantir un équilibre entre développement urbain et protection des ressources naturelles (Uwimana, 2023).

L'apport des SIG et de la télédétection, en tant qu'outils modernes de gestion et de suivi des dynamiques territoriales, ouvre des perspectives prometteuses pour la gestion durable de la ville de Muyinga. Cette étude pourrait servir de base pour d'autres recherches futures portant sur la gestion des risques environnementaux dans d'autres villes en pleine expansion au Burundi.

BIBLIOGRAPHIE

1. Abdourahmane Mbade Sène, *L'urbanisation de l'Afrique : davantage de bidonvilles ou des villes intelligentes ?* 2018
2. Abéto Constance BOKA, *Les raisons de la persistance de l'insalubrité du quartier Anono Extension dans la commune chic de Cocody* ,2020
3. Adolphe BAHIMANA, *Pollution et assainissement au centre urbain de Ruyigi*
4. Alberti, M**.** (2005). *The Effects of Urban Patterns on Ecosystem Function*. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 36(1), 431-457.
5. Alexis LAFLEUR, *Etude évolutive de la mangrove de la Baie de Caracol (Nord-Est, Haïti) et perspectives de conservation*, 2015
6. Anne AGUILÉRA, Jean-Loup MADRE, Dominique MIGNOT, *Les villes ont-elles achevé leur transition ?* Page313
7. Antoine KIGANAHE, Les *contraintes de développement d'un centre à vocation urbaine à travers l'étude géographique de JENDA*
8. Armelle CHOPLIN, *Produire la ville en Afrique de l'Ouest : le corridor urbain de Accra à Lagos.* Article publié 2019
9. Athanase CIZA, les atouts et les contraintes pour l'aménagements en en commune NYABIHANGA
10. Audace NTAKIRUTIMANA and Chaiwiwat VANSAROCHANA, *Assessment and Prediction of Land Use/Land Cover Change in the National Capital of Burundi Using Multi-temporary Landsat Data and Cellular Automata-Markov Chain Model, Environment and Natural Resources Journal* 2021
11. Bakama, N. (2018). *Urban Growth and Environmental Challenges in Sub-Saharan Africa*. African Journal of Environmental Studies, 25(2), 45-60.
12. BASILE Michel. *Les quartiers culturels et créatifs. Ambivalences de l'art et de la culture dans la ville post-industrielle*. pp.224, 2022, Devenirs urbains, 9782304053241.
13. Baud et al, *Spatial Knowledge Management in Urban Local Government*,2013
14. Benedict, J., & Li, X. (2021). *Urban Expansion and Its Environmental Impacts in Sub-Saharan Africa*. Environmental Research Journal.
15. Berg, R., et al. (2019). *Water Scarcity in Rapidly Growing African Cities: A GIS-Based Assessment*. Journal of Hydrology.
16. Bertrand, M. (2011). *Dynamiques périurbaines et Nouvelles centralités*. Revue Géographique de l'Est.

17. Bhandari, S., et al. (2012). A review of remote sensing data classification methods for land use land cover analysis. *Remote Sensing*, 4(9), 3056-3089
18. BIBOUTOU, Armel (2022). *Dynamiques d'urbanisation et risques écosystémiques dans la région de Libreville (Gabon).* Géographie. Université Paris Cité Français. NNT : 2022UNIP7047. tel-04201955
19. Blaise NGUENDO YONGSI, *observatoires urbains, outils de monitoring (surveillance) des villes : cas de la ville de douala-Cameroun*. Article publié le 22September, 2023
20. Bourguignon, D., & Makundi, S. (2017). *La gestion durable des ressources naturelles en milieu urbain : cas des villes du Burundi*. Éditions l'Harmattan.
21. BRIEUC Cabioch. *Les grandes villes littorales et leurs plages. Une approche par les politiques publiques de gestion à Marseille (France), Barcelone et Valence (Espagne)*. Géographie. Aix Marseille Université,2023. Français.NNT : tel-04065324
22. Brueckner, J.K. (2000). *Urban Sprawl: Diagnosis and Remedies*. International Regional Science Review.
23. Bryman, A. (2016). *Social Research Methods* (5th ed.). Oxford University Press.
24. Buhungu, C., Ndayikengurukiye, F., & Ntahondereye, M. (2020). *Urbanisation et défis environnementaux au Burundi : le cas de Muyinga*. Revue de géographie et environnement, 8(2), 45-62.
25. Burchfield, M., Overman, H. G., Puga, D., & Turner, M. A. (2006). Causes of Sprawl: A Portrait from Space. *Quarterly Journal of Economics*, 121(2), 587-633.
26. Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press.
27. Campbell, J. B. (2011). *Introduction to Remote Sensing*. 5th ed. New York: Guilford Press.
28. CAROLE Marin, (2023.) *Sauvage en ville : le sanglier bordelais*. Géographie. Université Michel de Montaigne -Bordeaux III, Français. NNT : 2023BOR30018. tel-04167890
29. Chrétien, J.-P. (1993). *L'Afrique des Grands Lacs : Deux mille ans d'histoire*
30. Chuvieco, E. (2016). *Fundamentals of Satellite Remote Sensing: An Environmental Approach* (2nd ed.). CRC Press.
31. Claver HAKIZIMANA, *urbanisation de la champagne burundaise ; les villes du nord : NGOZI, KAYANZA, et MUYINGA entre 1982-2007*
32. Commission Brundtland. (1987). *Our Common Future*. Oxford University Press.

33. COURTIAL-SABATIER Lauriane. *La fabrique des villes résilientes : 100 résilient citées et la métropole de Lyon.* Géographie. Université Panthéon-Sorbonne - Paris I, 2022. Français. NNT : 2022PA01H054.tel-03882428

34. Creswell, J. W. (2013). *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches*. Sage Publications.

35. Cyprien BIGIRIMANA, *croissance urbaine et aménagement des centres urbains secondaires : Exemples de Cibitoke et Rugombo, deux centres urbains du nord- ouest de la plaine occidentale du Burundi*

36. DANSOU C. Serge Straton. *Structuration et dynamique spatiales des villes de ouidah et de grand-popo sur le littoral beninois : enjeux environnementaux et perspectives*. Géographie. Université d'Abomey-Calavi (Bénin), 2019. Français.NNT : tel 03321625

37. Déo HABARUGIRA, *la croissance urbaines et son impact sur l'environnement : exemple de Bujumbura*

38. DEVILLE Damien. Jardiner, la *ville en crise : penser une écologie de la précarité à Alès*. Géographie Université Paul Valéry - Montpellier III, 2021. Français. NNT : 2021 MON30059. Tel 03662972

39. Di Gregorio, A., & Jansen, L. J. M. (2005). *Land Cover Classification System (LCCS): Classification Concepts and User Manual* (2nd ed.). FAO.

40. DINE Alex. *Aménagement urbain et modes de transport : interdépendance et question d'échelle à travers l'étude des villes de Portland, Medellín et Grenoble*. Géographie. Université Panthéon-Sorbonne - Paris I, 2022. Français. NNT : 2022PA01H038. tel-03848436

41. Dolorès BERTRAIS, Gabriel FAUVEAUD, Armelle CHOPLIN, *Fabriquer la ville-verte en Asie : la Green City, de Singapour à Phnom Penh Dans Espaces et sociétés*2023/2 (n° 189)2023/2 (n°189), pages 39 à 57 article publié 2023

42. Douglas, I., Alam, K., Maghenda, M., Mcdonnell, Y., McLean, L., & Campbell, J. (2020). *Unplanned Urbanization and Environmental Risks in African Cities*. Environmental Science & Policy.

43. ESTHER Laurentine NYA. *Accès à l'eau potable et a l'assainissement dans le département du net (région de l'ouest -Cameroun*). Géographie. Université de Yaoundé I (Cameroun), 2020. Français. NNT : tel-02937356

44. FABUREL Guillaume,2023. *Indécence urbaine : pour un nouveau pacte avec le vivant.* pp.323, Climats, 978-2-08-026521-0.

45. FAO. (2021). *State of the World's Forests: Deforestation in Africa*. FAO Publications.
46. Firas MOUSSA, 2021, *Restructuration de l'habitat informel, Cas d'étude : quartier Makhloufi, ville de Cheria,*
47. Floribert BARUTWANAYO, *La croissance de la ville de Gitega de 1990 à nos jours*
48. Folke, C., Carpenter, S. R., Walker, B., et al. (2010). Resilience Thinking: Integrating Resilience, Adaptability and Transformability. *Ecology and Society*, 15(4), 20.
49. Foody, G. M**.** (2002). *Status of Land Cover Classification Accuracy Assessment*. Remote Sensing of Environment, 80(1), 185-201.
50. FRANCESCA Artioli, Patrick LE GALÈS. *La métropole parisienne, une anarchie organisée*. Presses de Sciences Po. 2023, 9782724641707.
51. Françoise DE BARROS et Charlotte, *Favelas, bidonvilles, baracche, etc. : recensements et Fichiers*
52. FÜZESSERY Stéphane. *L'expérience de la très grande ville*. Berlin 1860-1930. Histoire. Sorbonne Université, 2023. Français. NNT : 2023SORUL040. tel-04235448
53. G. CHANDER, N. Mishra, D.L. Helder, D.B. Aaron, A. Angal, T. Choi, X. Xiong, and D.R. Doelling, "," IEEE T. Geosci. Remote., Piscataway, USA, vol. 51(3), pp.1267-1281, 2013.
54. Gabriel LECAT. *Analyse économique de la planification urbaine*. Thèse en Economies et finances. Université de Bourgogne, 2006. Français.
55. Gibbs, G. R. (2018). *Analyzing Qualitative Data* (2nd ed.). Sage Publications.
56. Giri, C. (2012). *Remote Sensing of Land Use and Land Cover: Principles and Applications*. CRC Press.
57. GOMIS Eddy Nilsone. *Un modèle de ville durable en Afrique subsaharienne est-il envisageable ? Étude à Applications of spectral band adjustment factors (SBAF) for cross-calibration partir des villes de Bissau (Guinée-Bissau) et de Ziguinchor (Sénégal). Architecture, aménagement de l'espace*. Université Toulouse le Mirail - Toulouse II, 2021. Français. NNT : 2021TOU20046.tel-03537772
58. Guillaume SAINTENY, *Responsabilité et environnement*, 2008 (Annales des mines)
59. GUIRONNET Antoine. *Au marché des métropoles. Enquête sur le pouvoir urbain de la finance*. Éditions Les Étiques, 2022.
60. GUITON Martine : *Ruissellement et risque majeur, crue centennale en milieu urbanisé. Etudes de cas : le Grand-Bornand, Nîmes, Paris et Vaison-la-Romaine.* Hydrologie. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1994. Français. NNT : pastel-00569131

61. Habonimana, J. (2019). *Analyse de la dynamique spatiale des villes secondaires au Burundi : apports de la télédétection*. Thèse de doctorat, Université du Burundi.
62. Habonimana, L. (2021). *Enjeux environnementaux et urbanisation au Burundi*. Université du Burundi.
63. Hall, P. (2014). *Cities of Tomorrow: An Intellectual History of Urban Planning and Design in the Twentieth Century*.
64. Hervé TCHEKOTE, Chrétien N GOUANET, *Périurbanisation anarchique et problématique de l'aménagement du territoire dans le périurbain de Yaoundé*,2012
65. Huete, A. R., et al. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 83(1-2), 195-213.
66. Institut de Statistiques du Burundi (2018). Rapport sur l'évolution démographique des villes burundaises.
67. Jean-Pierre PAULET, *Manuel de la géographie urbaine*, 2009
68. Jensen, J. R**.** (2007). *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. 2nd ed. Upper Saddle River: Prentice Hall.
69. Jensen, J. R. (2016). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. Pearson.
70. John P RAFFERT, *urban sprawl 2024*
71. KARIN Schaeffer, 2023. *Impacts de la rénovation urbaine sur les représentations sociales des quartiers de la politique de la ville : exemple du quartier Teisseire à Grenoble*. Géographie. Université Grenoble Alpes [2020-..], Français. NNT 2023GRALH006. tel-04190096
72. Kayitesi, A., & Manirakiza, E. (2022). *SIG et gestion urbaine durable : Applications en Afrique de l'Est*. Bujumbura: Presses universitaires d'Afrique.
73. Kim Huong HOANG, *Les changements de l'occupation du sol et ses impacts sur les eaux de surface du bassin versant. Le cas du bassin versant de la rivière Câu (Viêt-Nam)*, 2007
74. Koffi, M. (2020). *Validation des données géospatiales : méthodes et pratiques*. Paris: L'Harmattan.
75. Kombe, W. J. (2021). *Managing Urban Growth in Africa: Policy Challenges and Opportunities*. Urban Studies Journal.
76. Kouadio, A., Koffi, E., & Yao, N. (2018). *Techniques de mesure sur le terrain et applications en géomatique*. Abidjan : Éditions Universitaires Africaines.

77. Lal, R. (2015). "*Soil degradation as a reason for global food insecurity*". Agriculture & Food Security, 4(1), 1-10.
78. LALOYAUX Sonia. *Patrimoine matériel et immatériel, défis et régulation de l'urbanisme au XXIe siècle : les cas de Verviers et Tourcoing*. Géographie. Université de Lille, 2022. Français. NNT :2022ULILA005. tel-03904116
79. Le Laye Y.-F, *la perception de l'environnement : théorie et méthodes*
80. Leichenko, R. M., & O'Brien, K. (2008). *Environmental Change and Globalization: Double Exposure*. Oxford University Press.
81. Lemarchand, R. (1994). *Burundi: Ethnic Conflict and Genocide*. Cambridge University Press.
82. Lequitte–CHARRANSOL Perrine. *Démographie et réduction des nuisances des corneilles urbaines : une coexistence est-elle possible ? Biodiversité et Ecologie*. Sorbonne Université, 2023. Français. NNT :2023SORUS221. tel-04215586
83. Lillesand, T. M., & Kiefer, R. W. (2000). *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley & Sons.
84. Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2015). *Remote Sensing and Image Interpretation*. Wiley.
85. Luc Van CAMPENHOUDT, M. Jacques et R. Quivy, *Manuel de recherche en science sociales,*2017
86. LUIS Rodriguez Rivero. *Les imaginaire urbains et le futur de la ville.. Architecture, aménagement de l'espace*. Université Paris-Saclay, 2021. Français. NNT : 2021UPASK004. tel-03170447
87. Maffioli, A., Lemaître, S., & Trigo, E. (2009). *Urbanization and Environmental Sustainability: Trends and Challenges*. MIT Press.
88. Marie TOUBIN, Serge Lhomme, Youssef Diab, Damien Serre et Richard Laganie, *La Résilience urbaine : un nouveau concept opérationnel vecteur de durabilité urbaine ?* article publié le10 décembre 2020
89. Marine MILLOT, *Développement urbaine et insécurité routière : L'influence complexe des formes urbaines*, Thèse de doctorat en transport ENPC ; décembre 2003
90. Mas, J. F., Kolb, M., Houet, T., & Arnaiz-Schmitz, C. (2014). Monitoring land use/land cover changes using remote sensing and GIS. *International Journal of Remote Sensing*, 35(8), 2505-2525.

91. Mathias CORMANN, *Dynamique de l'urbanisation africaine*,2020

92. Mbuyi, J. et al. (2017). *Systèmes d'information géographique et télédétection appliqués aux études urbaines*. Kinshasa: Presses de l'Université de Kinshasa.
93. Moghadam, H., & Helbich, M. (2017). *Spatiotemporal Analysis of Urban Growth Using Remote Sensing and GIS: Case Study in Africa*. Remote Sensing Applications.
94. Muhire, F., & Niyungeko, M. (2021). *Urban Expansion and Environmental Degradation in the Great Lakes Region*. Journal of Urban Planning and Development, 47(3), 77-89.
95. Mutabazi, J. (2002). *Analyse de l'évolution de la couverture forestière au Burundi : cas de Muyinga*. Bujumbura : Université du Burundi.
96. Ndabirabe, P. (2010). *Histoire du Burundi contemporain.* Editions Universitaires du Burundi.

97. Ndayikengurukiye, P. (2023). *Impact de l'urbanisation sur les espaces verts à Muyinga : apport de la télédétection*. Bujumbura : Université du Burundi.
98. Ndayisenga, F., & Habonimana, C. (2021). *Analyse des changements environnementaux au Burundi: cas de la région Nord-Est*. Muyinga : Éditions Muyinga Science.
99. Ndayishimiye, J., Ndikumana, J., & Twagiramungu, P. (2019). Impact de l'urbanisation rapide sur l'environnement à Muyinga. *Journal of Environmental Sciences*, 5(2), 45-59.
100. Ndikumana, P. (2019). *Études urbaines et environnementales : Outils et méthodes*. Bujumbura : Presses Universitaires du Burundi.
101. Ndikumasabo, L. (2021). *Urbanisation et changement d'usage du sol à Muyinga : Évaluation des impacts environnementaux*. Revue africaine d'études urbaines, 5(1), 78-93.
102. Nephtal KUBWIMANA, *étude de la croissance du centre urbain de secondaire de MUYINGA 1980 à 2002*
103. NEPTUNE Prince. *Fabrication des bidonvilles dans les pays du Sud : Jeux d'acteurs et modalité d'habiter. Le cas du quartier de Canaan (Port-au-Prince/Haïti)*. Architecture, aménagement de l'espace. Université de Lyon; Université Quisqueya (Port-au-Prince, Haïti), 2021. Français. NNT :2021LYSEI041. tel-03624458
104. Nguendo YONGSI, *Organization for Economic Cooperation and Development SaWAC, 2023*

105. Nhamo, L., et al. (2022). *Waste Management Challenges in Expanding African Cities: The Case of Muyinga, Burundi*. Waste and Environment Journal.
106. Nicolas DOUAY, *La planification urbaine à l'épreuve de la métropolisation : enjeux, acteurs et stratégies à Marseille et à Montréal*, Thèse en cotutette présentée en vue de

l'obtention des grades de PhD en Aménagement de L'Université de Montréal Doctorat en urbanisme et aménagement de l'espace de l'Université Paut Cézanne Août, 2007

107. Nimpagaritse, A. (2008). Les conséquences de la guerre civile sur le développement urbain du Burundi.
108. Nkurunziza, D. (2005). *Organisation sociale et politique du Burundi précolonial.*
109. Nzisabira, J. (2015). *Gestion des déchets solides dans les villes secondaires du Burundi: Cas de Muyinga*. Revue Africaine d'Études Urbaines, 12(4), 112-128.
110. OCDE et Club du Sahel et de l'Afrique de l'Ouest, *Dynamique des paysages urbains en Afrique,*2020 (OECD Library)
111. Pascal BERTEAUD, *La ville et son assainissement : Principes, méthodes et outils pour une meilleure intégration dans le cycle de l'eau*
112. PLOTTU Eric, Béatrice PLOTTU.2023, *Espaces délaissés urbains et jachères agricoles : des trajectoires croisées. Introduction du concept de jachère urbaine*. 2023. hal-04114332v2
113. PRUNIER-POULMAIRE Sophie, VAYRE Émilie. *Les grands quartiers d'affaires à l'heure des choix : Travail, salariat, urbanisme à l'épreuve des crises du XXI siècle*. Editions Vuibert. , 2023, 978-2-311-62653-7.
114. Rabilou ABDOU MAHAMAN, Yahaya Nazoumou, *Dynamique d'occupation et d'utilisation des sols et la hausse de la nappe dans la basse vallée du Dallol Maouri*, Page10
115. Révérien NTEZIMANA, *Contribution de la télédétection dans l'étude de la dynamique spatio-temporelle de la ville de Bujumbura : cas de la zone comprise entre les rivières Muha et Mugere,* Mai2023
116. ROBIN Lesne. *La ville récréative. Ce que la récréativité fait à l'urbanité : réflexion à partir des pratiques du parkour et de l'urbex*. Géographie. Université du Littoral Côté d'Opale, 2021. Français.NNT : 2021DUNK0599. Tel-03545164
117. ROLLOT Mathias. 2023, *Les Territoires du vivant : Un manifeste bio régionaliste*. pp.190, 978-2-381140-483.
118. SARA Tassi. *Ville de lignages : Généalogies urbaines à Ajace/Xogbonú/Porto-Novo*. MetisPresses, 2023, vues d'ensemble, Elena Cogato Lanza, 978-2-940711-28-4.
119. SERRE Damien. *La ville résiliente aux inondations Méthodes et outils d'évaluation. Architecture, aménagement de l'espace.* Université Paris-Est, 2011. Tel-00777206

120. Seto, K. C., Güneralp, B., & Hutyra, L. R. (2012). *Global Forecasts of Urban Expansion and Its Impacts on Biodiversity and Ecosystem Services*. PNAS.

121. Song, C., Woodcock, C. E., Seto, K. C., Lenney, M. P., & Macomber, S. A. (2001). Classification and change detection using Landsat TM data: When and how to correct atmospheric effects? *Remote Sensing of Environment*, 75(2), 230-244.

122. TALA Kanso, *Mesure et modélisation du bilan hydrologique De dispositifs rustiques de gestion à la source Des eaux de ruissellement de chaussées*

123. Tharcisse MASABARAKIZA ; *Etude géographique d'une ville secondaire et de ses environs : cas de MWARO*

124. TIAVINA Tantely Nivolala. *Génération automatique d'environnements virtuels urbains complexes. Modélisation et simulation.* Université Paul Sabatier - Toulouse III; Université d'Antananarivo, 2022.Français. NNT : 2022TOU30115. Tel-03924386

125. Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2), 127–150.

126. UNEP (United Nations Environment Programme) (2016). *Cities and the Environment: Urbanization and Environmental Sustainability in Developing Countries*. Nairobi, Kenya.

127. UN-Habitat (2021). *Urbanisation et défis sociaux en Afrique sub-saharienne*. Nairobi.

128. UN-Habitat. (2020). *The State of African Cities: Governance and Urbanization Trends*. UN Publications

129. Uwimana, T. (2023). *Planification urbaine et gestion durable du territoire au Burundi*. Bujumbura: Éditions Horizon.

130. VERBAVATZ Vincent. *Modélisation des systèmes urbains. Analyse de données, Statistiques et Probabilités*. Université Paris-Saclay, 2022. Français. NNT : 2022UPASP066. tel-03783602

131. Viana et al., 2018; Kuenzer et al., 2020, *Applying landscape approach in assessing effectiveness of mangrove conservation in Ca Mau Cape National Park, Vietnam*

132. VUNI SIMBU Alexis, *Etude de la gestion actuelle des déchets urbains à Kinshasa par observation le long de l'avenue université*

133. Wackernagel, M., & Rees, W. (1996). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers.

134. Wheeler, D. (2012). *Field Recording Techniques in Social Sciences Research*. Routledge.

135. Wilson, D.C., Velis, C., & Cheeseman, C. (2006). "*Role of informal sector recycling in waste management in developing countries*". Habitat International, 30(4), 797-808

136. Yin, R. K. (2014). *Case Study Research: Design and Methods* (5th ed.). Sage Publications.

137. ZOMA Vincent, NADAOGO Nakanabo,2022. *L'habitat informel en Afrique*. GRIN Verlag. GRIN Verlag, 64p., 9783346799326. Hal-03955100

ANNEXES

BIKORIMANA JEAN

Mastérant-chercheur

LE GUIDE D'ENTRETIEN

Le guide d'entretien est constitué de trois parties :

1. **Introduction et présentation** : présentation du travail de recherche et de son thème, explication de ce que l'entretien doit apporter à ce travail.

Partant des cas délicats qu'on observe dans des villes différentes, j'ai mené un travail de recherche sur la ville de Muyinga.

Muyinga est une ville que connait une croissance galopante depuis l'an 2000 mais plus particulièrement dans cette dernière décennie c'est pourquoi j'ai mené un projet de recherche scientifique pour pouvoir connaitre si l'étalement de la ville respecte les normes urbanistiques ou engendre la prolifération des quartiers. A part la prolifération des quartiers, savoir aussi si l'environnement à l'intérieur et aux environs est protégé.

D'où alors le thème central de ma recherche est : « **Extension et défis environnementaux de la ville de Muyinga de 2000 à 2023** »

Après avoir analysé les cas qui se passent dans l'évolution des villes au Burundi j'ai constaté que certaines villes s'accroient de façon exponentielle

2. **Coordonnés de la personne interrogée** : nom, prénom, sexe, âge et profession.

Le critère de choix de l'échantillon est le suivant : dans chaque quartier je vais interroger 4 personnes remplissant les conditions suivantes

1. Etre natif de la commune Muyinga ou résident dans la ville depuis l'an 2000
2. Avoir l'âge supérieur ou égal à 50ans
3. Parmi les 4 interviewés, au moins 2 sont obligatoirement instruits à niveau humanité générale et plus et les 2 autres ne sont pas instruit ou ayant un niveau du troc commun ou inférieur

Identification de la personne interviewée

Les administratives

No	Nom et Prénom	Age	Genre	Profession ou niveau d'étude
1	KAJABWAMI Valentin	63ans	M	Ancien conseiller du Gouverneur de Muyinga, Directeur du Lycée RUGARI actuellement en retraite
2	Évêque Joachim NTAHONDEREYE	71ans	M	Évêque du Diocèse de Muyinga et Président de la conférence des évêques catholiques du Burundi
3	BADENDE Jumaïne	54ans	M	Secrétaire permanent de la commune Muyinga
4	SINZINKAYO Emmanuel	72ans	M	Chef de Zone Muyinga les années 2000 à 2005
5	BASOMINGERA Jean Bosco	38ans	M	Chef d'antenne Provinciale de Muyinga dans l'OBUHA

3. **Liste de questions** : écrire les questions à poser et les thèmes auxquels celles-ci se rapportent

Nº	**Thème sur lequel la question se rapporte**	**Les questions à demander**
001	**Historique de la ville**	Comment été la ville avant l'an 2000 ; Il y avait combien de quartier, On avait combien de maison de passage, C'était facile de trouver l'eau et l'électricité Qui étaient les maisons modèles en 2000? Qui était l'homme célèbre à cette époque ?

002.Aménagement et assainissement	.1. Combien de quartiers aménagés et viabilisés à Muyinga ? 2. existe-t-il des quartiers résidentiels et les quartiers Commerciaux.si oui énumère- les 3. combien de quartiers qui ne sont pas accessibles à la voie de communication 4. où va-t-elle l'eau en provenance des ménages ? 5. N'y a-t-il pas de défis des eaux pluviales pour l'habitation en avale ? 6. Combien des sites touristiques et de jardin public dans toute la ville ?
003. Gestion des déchets solides et liquides	Combien de décharger publique pour la ville de Muyinga Existe –il l'endroit de traitement des eaux usées Comment se fait la collecte des déchets solides dans la ville Comment procède- t- on pour la gestion des toilettes
004.Gestion environnementale	Entre la végétation naturelle et anthropisée qui domine l'autre Combien de jardin public réservé ? Ou trouve –t-on les charbons utilisés en ville Comment gérer les déchets solides collectés

NB : J'ai utilisé un entretien semi directif pour dire que je peux changer l'ordre des questions du questionnaire et ajouter d'autres questions

Les diverses photos de la ville de Muyinga

L’actuelle bureau provincial de Muyinga



L’ancien bureau provincial de Muyinga



Extension et défis environnementaux de la ville de Muyinga de 2000 à 2023

Prison centrale de Muyinga



Les ravinements dans le quartier Swahili : risque de glissement





Extension et défis environnementaux de la ville de Muyinga de 2000 à 2023



Menaces causées par l'eau pluviale au quartier Swahili











Source : cliché par Jean Bikorimana, 2024