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

Contribution à l'analyse des effets de la croissance démographique sur la disponibilité des terres cultivables et constructibles par la méthode de classification supervisée des images satellitaires : cas de la commune Butaganzwa

Ndayikengurukiye, Thérence; Sous la direction de : Dr Arch. Kubwarugira Gamaliel

2024
UB, FLSH
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/1935

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

UNIVERSITE DU BURUNDI

FACULTE DES LETTRES ET SCIENCES HUMAINES

MASTER EN SOCIETES, POUVOIRS, TERRITOIRES ET DEVELOPPEMENT DURABLE (SPTD)

CONTRIBUTION A L'ANALYSE DES EFFETS DE LA CROISSANCE DEMOGRAPHIQUE SUR LA DISPONIBILITE DES TERRES CULTIVABLES ET CONSTRUCTIBLES PAR LA METHODE DE CLASSIFICATION SUPERVISEE DES IMAGES SATELLITAIRES : CAS DE LA COMMUNE BUTAGANZWA

Par :

Thérence NDAYIKENGURUKIYE

Mémoire

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

Spécialité : Aménagement

Sous la direction de:

Dr Arch. KUBWARUGIRA Gamaliel

Bujumbura, Février 2024

MEMBRES DU JURY

Dr. NIYONKURU Apollinaire : Président du jury

Dr. Arch. KUBWARUGIRA Gamaliel : Directeur

Msc. ITANGISHAKA Pierre : Secrétaire du jury

DEDICACE

A toi chère mère HABONIMANA Anastasie qui a fait le tout possible pour que notre scolarité, notre éducation et nos conditions de vie puissent se dérouler dans de bonnes conditions.

A toi chère femme MANIRAKIZA Annonciate qui n'a cessé de nous montrer ta fidélité, ta patience et ton amour que nous ne pourrions pas exprimer et te donner.

A vous la famille de NIZIGIYIMANA Marc, sœur NIYONKURU Divine, NDAYISENGA Espérance, BIZIMANA Euphémie, amis et connaissances qui n'avez jamais cessé de suivre notre éducation quand nous étions dans l'angoisse et dans les difficultés.

REMERCIEMENTS

Ce présent travail ne serait pas ce qu'il est sans la collaboration parfaite d'un bon nombre de personnes qui nous ont aidées à le constituer. De ce fait, nous tenons tout d'abord à remercier vivement notre Directeur de mémoire Dr Arch. KUBWARUGIRA Gamaliel qui, malgré ses multiples préoccupations, a pu accorder á ce travail un encadrement et une direction fiables et suffisants d'un bout à l'autre. C'est grâce à ses conseils judicieux, sa rigueur scientifique et sa responsabilité que nous avons pu aboutir à ces résultats.

Nos remerciements s'adressent également au Corps enseignant depuis l'école primaire jusqu'à l'Université du Burundi et plus particulièrement à ceux du département des Sciences Géographiques, de l'Environnement et de la Population précisément à ceux de la spécialité Aménagement pour la qualité de l'enseignement tant scientifique qu'humaine dont nous avons bénéficié au cours de notre formation.

Nous tenons aussi à remercier tous les différents services de l'Etat qui nous ont chaleureusement accueillis dans leurs bureaux lors de la collecte des données primaires ou secondaires et plus particulièrement à ceux dirigés par NYAMWERU Melchior et NDORERAHO René Pascal ainsi que Monsieur NDARUFATIYE Rémy, l'Administrateur communal de Butaganzwa qui a accordé le travail de collecte des points de contrôle-terrain dans sa commune dont il est responsable.

Nos sincères remerciements s'adressent à toute la troisième promotion du Master en Sociétés, Pouvoirs, Territoires et Développement durable précisément à ceux de la filière, Aménagement pour la fraternité et la collaboration qui nous ont caractérisés tout au long du cursus.

Enfin, nos remerciements vont à nos familles, nos amis et connaissances qui se sont donné corps et âmes en nous supportant matériellement et moralement depuis l'école primaire jusqu'à l'Université.

Qu'ils trouvent ici le couronnement de leurs efforts !

NDAYIKENGURUKIYE Thérence

RESUME

L'occupation des sols est l'un des principaux facteurs qui entraînent la dynamique spatiale. Cette dynamique est d'autant plus inquiétante en considérant les pressions démographiques exercées sur les terres et les ressources naturelles de notre zone d'intérêt. L'objectif de notre travail de recherche vise à faire une analyse des effets de la croissance démographique sur les terres cultivables et constructibles dans la commune Butaganzwa.

Les effets de la croissance démographique sur les terres constructibles et cultivables pendant la période de 2000 à 2022 dans un contexte de développement durable ont été analysés en fonction de la dynamique de l'occupation, de la capacité de charge et de l'empreinte écologique. L'approche combinée de l'utilisation des données vecteurs et rasters (images satellitaires de Landsat) associée aux études antérieures et aux observations de terrain nous a aidé à atteindre à l'objectif fixé pour le présent travail de recherche. Cette étude a porté sur un échantillon de 3788 points de contrôle-terrain dont 720 points pour les champs en jachère, 1924 points pour les champs de cultures, 420 points pour les terres boisées et 1084 points pour les sols nus et bâtis dans le cadre d'identifier les différentes catégories de transitions entre les différents types d'éléments. En effet, pour faciliter l'inventaire des points de contrôle-terrain, le choix d'une unité d'enquête de 36 hectares, c'est-à-dire 600 m X 600 m (Pastorelli, 1986, p.8) a inspiré notre recherche. Notons que 947 segments de 36 hectares ont été collectés. Pratiquement, chaque segment est constitué par quatre points.

Les résultats obtenus montrent que les terres utilisées occupent un taux de 79,4 % de la surface totale de la zone d'étude en 2022 alors qu'en 2000, les résultats obtenus ont montré un taux de 47,0%. De ce fait, dans 22 ans, notre zone d'intérêt a connu un taux de progression de 32,4 %. Dans le même ordre d'idées, les champs de cultures connaissent une extension rapide au détriment des terres boisées. Entre 2000 et 2022, la tendance régressive des terres boisées et des champs en jachère a été observée avec un taux allant jusqu'à 32,7 % de la superficie totale de la zone d'étude. En général, les champs en jachères et les terres boisées disparaissent au profit des champs de cultures et des sols nus et bâtis.

A cet effet, la croissance démographique a beaucoup contribué à la tendance régressive des terres et du rendement de notre zone d'intérêt du fait que les activités anthropiques sont les principaux facteurs de l'extension spatiale utilisée.

Mots-clés : *Butaganzwa, capacité de charge, croissance démographique, développement durable, dynamique de l'occupation du sol, empreinte écologique, images satellitaires.*

ABSTRACT

Land use is one of the main factors driving spatial dynamic. This dynamic is all the more worrying when considering the demographic pressures exerted on the lands and the natural resources in our area of interest. The objective of our research work is briefly to analyze the challenges of demographic growth on cultivable and building land in the Butaganzwa commune.

The effects of population growth on buildable and cultivable land during the period from 2000 to 2022 in a context of sustainable development were analyzed according to the dynamics of occupation, carrying capacity and ecological footprint. The combined approach of using vector and raster data (Landsat satellite images) associated with previous studies and field observations greatly helped us achieve the objective set for this research work. This study covered a sample of 3788 field control points including 720 points for fallow fields, 1924 points for crop fields, 420 points for wooded land and 1084 points for bare and built-up soils within the framework of identify the different categories of transitions between different types of elements. Indeed, to facilitate the inventory of field control points, the choice of a survey unit of 36 hectares, that is to say 600 m x 600 m (Pastorelli, 1986 p.8) inspired our research. Note that 947 segments of 36 hectares were collected. Practically, each segment is made up of four points.

The results obtained show that the land used occupies a rate of 79.4% of the total surface area of the study area in 2022 while in 2000, the results obtained showed a rate of 47.0%. As a result, in 22 years, our area of interest has experienced a growth rate of 32.4%. In the same vein, crop fields are expanding rapidly to the detriment of wooded land. Between 2000 and 2022, the regressive trend of forested land and fallow fields was observed with a rate of up to 32.7% of the total area of the study area. In general, fallow fields and wooded land disappear in favor of crop fields and bare and built-up land.

To this end, population growth has contributed significantly to the regressive trend of land and wealth due to the fact that anthropogenic activities are the main factors of the spatial extension used.

Keywords: *Butaganzwa, carrying capacity, population growth, sustainable development, land use dynamics, ecological footprint, satellite images.*

TABLE DES MATIERES

MEMBRES DU JURY ..... **i**
DEDICACE ..... **ii**
REMERCIEMENTS ..... **iii**
RESUME ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
TABLE DES MATIERES ..... **vi**
LISTE DES FIGURES ..... **x**
LISTE DES TABLEAUX ..... **xi**
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS ..... **xii**
AVANT-PROPOS ..... **xiv**
INTRODUCTION GENERALE **1**
1. Question de départ 3
2. Problématique 4
3. Intérêt du sujet 5
4. Question de recherche 6
5. Hypothèses de recherche 6
6. Méthodologie 6
7. Délimitation de l'étude 8
8. Articulation du sujet 8
CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE **10**
I.1. Cadre conceptuel 10
I.1.1. Démographie 10
I.1.2. Est-ce que l'aménagement du territoire aide à trouver les solutions face à la croissance démographique ? 12
I.1.3. Effets de la croissance démographique sur les terres 14
I.1.4. Apport de la télédétection dans l'étude de la croissance démographique 16
I.2. Cadre théorique 16
I.2.1. Théorie malthusienne 17
I.2.2. Théorie bosérupienne 18
I.2.3. Théories marxistes 18
Conclusion du premier chapitre 20

CHAPITRE II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE 21
II.1. Situation géographique de la commune Butaganzwa 21
II.2. Aspects physiques 24
II.3. Aspects humains 25
II.4. Aspects économiques 27
II.4.1. Agriculture 28
II.4.2. Elevage 30
II.4.3. Commerce 31
II.5. Situation sociale 31
II.6. Environnement et changement climatique 32
Conclusion du deuxième chapitre 33
CHAPITRE III : CHOIX DU PROTOCOLE EMPIRIQUE 34
III.1. Méthodologie 34
III.2. Matériels et outils d'analyse 35
III.2.1. Matériels 35
III.2.1.1. Images satellitaires 35
III.2.1.2. Logiciels 36
III.3. Modèles d'analyse 36
III.3.1. Réalisation des cartes thématiques 36
III.3.2. Traitement d'images 36
III.3.3. Constitution du SIG et de la base de données 38
III.3.4. Visites de terrain 38
III.3.5. Justification de relevés de points terrain pour la classification supervisée 39
III.4. Analyse des données 39
III.4.1. Données utilisées 39
III.4.2. Justification du choix des images satellitaires 41
III.5. Techniques de collecte des données 42
III.6. Echantillonnage 42
III.7. Traitement des données 43
III.7.1. Traitement des données cartographiques 43
III.7.2. Traitement des données démographiques 44
III.7.2.1. Corrélation entre les variables 44

III.7.2.2. Calcul du taux d'accroissement de la population 45
III.7.2.3. Capacité de charge et empreinte écologique 45
III.7.3. Analyse statistique de la dynamique de l'occupation des terres 46
III.7.3.1. Matrice de transition 46
III.7.3.2. Calcul des Taux moyens annuels d'expansion spatiale (T) 47
III.7.3.3. Calcul de la vitesse de la dynamique de l'occupation des terres 47
III.7.3.4. Calcul de l'Indice Agro-démographique des Terres (IAT) 47
III.7.3.5. Analyse de l'intensité des effets de la croissance démographique sur les terres 48
III.7.3.6. Taux de conversion 48
III.7.3.7. Taux de dégradation 48
III.7.3.8. Taux de déforestation 48
III.7.3.9. Calcul du taux d'évolution 49
III.8. Difficultés rencontrées et limites de l'étude 49
Conclusion du troisième chapitre 51
CHAPITRE IV. PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS 52
IV.1. Présentation des résultats 52
IV.1.1. Traitement des données cartographiques 52
IV.1.2. Traitement des données démographiques 59
IV.1.2.1. Calcul de la corrélation entre l'évolution de la population et de l'occupation du sol 61
IV.1.2.2. Calcul du taux d'accroissement de la population 62
IV.1.2.3. Capacité de charge et empreinte écologique 63
IV.2. Analyse statistique de la dynamique de l'occupation des terres 63
IV.2.1. Matrice de transition 63
IV.2.2. Calcul des taux moyens annuels d'expansion spatiale 66
IV.2.3. Calcul de la vitesse de la dynamique de l'occupation des terres 67
IV.2.4. Calcul de l'Indice Agro-démographique des terres 68
IV.2.5. Analyse de l'intensité des effets de la croissance démographique sur les terres 69
IV.2.5.1. Taux de conversion 72
IV.2.5.2. Taux de dégradation 73
IV.2.5.3. Taux de déforestation 75

IV.2.5.4. Taux d'évolution 76
IV.3. Discussion 77
IV.3.1. Analyse de la transition spatiale 78
IV.3.2. Analyse de la classification des images satellitaires 78
Conclusion du quatrième chapitre 80
CONCLUSION GENERALE ET SUGGESTIONS 81
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 84
ANNEXES 91

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte administrative de la zone d'étude 23
Figure 2 : Carte d'occupation du sol de la commune Butaganzwa en 2000 53
Figure 3 : Etat de l'occupation du sol en 2000 54
Figure 4 : Carte d'occupation du sol de la commune Butaganzwa en 2008 55
Figure 5 : Etat de l'occupation du sol en 2008 55
Figure 6 : Carte d'occupation du sol de la commune Butaganzwa en 2015 56
Figure 7 : Etat d'occupation du sol en 2015 57
Figure 8 : Carte d'occupation du sol de la commune Butaganzwa en 2022 58
Figure 9 : Etat d'occupation du sol en 2022 58
Figure 10 : Evolution de la superficie des terres utilisées en fonction de l'effectif de la population de 2000 à 2022 61
Figure 11 : Evolution de la superficie des terres non utilisées en fonction de l'effectif de la population 62
Figure 12 : Evolution de la superficie agricole entre 2013 et 2021 72

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Répartition des collines par zone dans la commune Butaganzwa 22
Tableau 2 : Répartition de la population de Butaganzwa par colline 26
Tableau 3 : Evolution de la production des cultures vivrières entre 2015 et 2021 28
Tableau 4 : Productions des cultures maraîchères de 2014 à 2018 29
Tableau 5: Evolution des effectifs d'animaux domestiques de la commune Butaganzwa de 2013 à 2018 30
Tableau 6 : Evolution de la production animale de 2013 à 2018 31
Tableau 7 : Images Landsat utilisées 40
Tableau 8 : Capteur TM 40
Tableau 9 : Capteur OLI -TIRS 41
Tableau 10 : Evolution de la superficie des différentes catégories d'occupation du sol 52
Tableau 11 : Evolution de la superficie par catégorie d'utilisation des terres de la zone d'étude de 2000 à 2022 60
Tableau 12 : Evolution de la superficie des terres utilisées et des terres non utilisées 60
Tableau 13 : Matrice de confusion de 2000 et 2008 64
Tableau 14 : Matrice de confusion de 2000 et 2015 65
Tableau 15 : Matrice de confusion de 2000 et 2022 65
Tableau 16 : Evolution des taux moyens annuels d'expansion spatiale 66
Tableau 17 : Evolution de la vitesse de la dynamique de l'occupation des terres 67
Tableau 18 : Evolution de l'Indice Agro-démographique des Terres (IAT) 68
Tableau 19 : Etat de l'occupation du sol entre 2000 et 2008 69
Tableau 20 : Etat de l'occupation du sol de la zone d'étude entre 2000 et 2015 70
Tableau 21 : Etat de l'occupation du sol de la zone d'étude entre 2000 et 2015 71
Tableau 22 : Evolution du taux de conversion 73
Tableau 23 : Evolution de la dégradation des sols 74
Tableau 24 : Evolution du taux de déforestation 75
Tableau 25 : Taux d'évolution des superficies de différentes catégories d'occupation du sol 76

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

BI : Brightness Index ou indice de Brillance des sols

BPEAE : Bureau Provincial de l'Environnement, de l'Agriculture et de l'Elevage

CCT : Capacité de Charge Agro - démographique des Terres.

GLS : Global Land Survey

GPS : Global Positioning System

HTTPS : Hyper Text Transfer Protocol Secure

IAT : Indice Agro-démographique des Terres

IGEBU : Institut Géographique du Burundi

IIBL : Indicateur d'Intégrité de la Biodiversité Locale

ILR : Indicateur Liste Rouge

IPV : Indice Planète Vivante

NDVI : Normalized Difference Vegetation Index ou Indice de Végétation Normalisé

OLI/TIRS : Operational Land Imager and Thermal Infrared Sensor

ONU : Organisation des Nations unies

ORSTOM : Office de la recherche scientifique et technique outre-mer

PCDC III : Plan Communal du Développement Communautaire troisième génération

PDF : Portable Document Format

PND : Plan National de Développement

Qgis : Quantum Geographic information systems

SCP : Semi-automatic Classification plugin

SEC : Superficie totale de l'Espace Considéré

SIG : Système d'Information Géographique

SPSS : Statistical Package for the Social Sciences

TM : Thematic Mapper

UN : United Nations

UNICEF : United Nations International Children's Emergency Fund

USA : United States of America

USGS : United States Geological Survey

UTM : Universal Transverse Mercator

WGS 84 : World Geodetic System 1984

WI : Wetness Index ou indice d'humidité

WRS : Système de référence mondial

WWF : World Wildlife Fund

WWW : World Wide Web

AVANT-PROPOS

L'analyse des effets de la croissance démographique sur la disponibilité des terres cultivables et constructibles est un moyen important pour favoriser l'exploitation durable et intégrée. Cette analyse conduit au développement durable car elle fait étudier comment réduire l'empreinte écologique et la dynamique de l'occupation du sol d'un territoire donné.

L'occupation des sols est l'un des principaux facteurs qui hantent la dynamique spatiale. Cette dynamique est d'autant plus inquiétante en considérant les pressions démographiques exercées sur les terres et les ressources naturelles de notre zone d'intérêt d'après les résultats obtenus dans notre travail de recherche. En effet, les résultats obtenus montrent que les terres utilisées occupent un taux de 79,4 % de la surface totale de la zone d'étude en 2022 alors qu'en 2000, les résultats obtenus ont montré un taux de 47,0%. De ce fait, dans 22 ans, notre zone d'intérêt a connu un taux de progression de 32,4 %.

INTRODUCTION GENERALE

La dynamique de l'occupation et l'utilisation des terres est un phénomène qui hante le monde entier et en particulier le Burundi qui est un pays où l'agriculture constitue la principale activité économique (PND-Burundi 2018-2027, p. 18).

Depuis la révolution industrielle, les activités humaines n'ont pas cessé de détruire ou dégrader les forêts, les prairies, les zones humides et autres écosystèmes vitaux, menaçant ainsi notre propre bien-être ce qui provoque la perte de la biodiversité (WWF, 2020). Ce qu'il faut entendre ici, c'est que la perte de biodiversité n'est pas qu'un problème environnemental, c'est également un problème de développement, d'économie, de sécurité mondiale et de survie.

Selon UN Population, la population s'élevait de 7,3 milliards d'humains ce qui fait peur les malthusiannistes et fait espoir aux mercantilistes (anti-malthusiannistes) pour le développement (UN Population, 2015). Mais, tous sont en commun à la satisfaction des besoins des générations présentes et futures, à l'amélioration des conditions de vie des êtres vivants et l'accroissement des richesses.

Selon toujours UN Population, la population mondiale sera de 9,5 milliards d'humains en 2050 et 11 milliards en 2100 avec conditions de planning familial UN Population, 2015). Elle ajoute que si rien n'est fait en matière de la planification des naissances, la population atteindra à plus de 30 milliards en 2100, ce qui rendra la terre incapable à satisfaire les besoins humains.

Selon WWF, l'explosion du commerce mondial et de la consommation, ainsi que la forte croissance de l'espèce humaine et un gigantesque mouvement d'urbanisation, ont bouleversé notre façon de vivre au cours des cinquante dernières années (WWF, 2020). Pour ce, le monde entier a fait recours au système de recyclage et de l'innovation pour satisfaire ses besoins.

En 2014, l'évolution de la population de l'Afrique fait peur l'UNICEF. En effet, il signale que 25% de la population mondiale seraient africaines, 40% seraient des enfants (UNICEF, 2014).

D'après les projections de la Division de la Population de l'ONU de 2015, la population de l'Afrique était estimée à 1,168 milliards d'humains et sera de 2,375 milliards en 2050 pour se situer à 4,290 milliards en 2100. La part de la population de l'Afrique dans le monde était de 16% en 2015, sera de 25% en 2050 et 39% en 2100 (UN Population Division-the, 2015).

Face à cette situation, le monde entier et le Burundi en particulier cherche à faire face à la mauvaise gestion des terres en s'adaptant à cette croissance démographique inévitable afin d'assurer un développement durable (PND-Burundi 2018-2027, p. 11).

Les problèmes les plus fréquents de la mauvaise gestion des terres qui dominent le monde entier sont les inondations, l'érosion de sols, la pollution, l'effet de serre, les mouvements brutaux et exceptionnels, et la désertification. Ces problèmes sont le résultat de l'aménagement inapproprié du territoire et de la pression démographique sur les terres qui ne cessent pas d'augmenter.

Suite aux progrès scientifiques, technologiques, et de l'hygiène instaurés durant ces dernières années ; la croissance démographique a entrainé une pression de plus en plus forte sur les ressources naturelles au Burundi et en particulier dans les plateaux centraux où notre zone d'intérêt se localise. Cette démographie galopante cause des problèmes énormes au sein de la population burundaise. On peut citer notamment les conflits fonciers suite à l'émiettement des terres, la famine dans les ménages, la dégradation des terres, etc. A cause de ces dommages, les habitants des plateaux centraux préfèrent soit conquérir les autres régions inhabitées comme par exemple la région de Kumoso soit s'adapter aux modes de vie de cette région. Ce qui est à l'origine de cette pression démographique sur les terres est le mode d'exploitation de ces dernières. Dès l'âge de la pierre, lorsque l'homme commença à cultiver les champs et à pratiquer l'élevage, l'homme prit une nouvelle attitude envers la nature : au lieu de s'adapter aux conditions du milieu naturel, il se mit à adapter le milieu naturel selon ses propres besoins (Ananitchev, 1975).

Selon ce même auteur, les villes occupaient 3% de la superficie de la terre. De ce fait, l'aménagement du territoire devrait être la priorité vu le rythme de la croissance démographique. L'homme devrait penser à la génération future en planifiant et en prévoyant son activité grâce à tous les acquis de la nature, de la civilisation, de l'innovation, de la science et de la technologie.

Si une fois on ne pense pas au phénomène de l'aménagement résilient face à la croissance démographique et des villes, tout espace de la terre serait occupé par des infrastructures et habitants.

En effet, la croissance démographique est un défi majeur pour la production des richesses dans un phénomène où la vie est très liée à la terre limitée.

Chaque année, la terre montre son incapacité à supporter le surnombre qui pèse sur la terre suite à la consommation individuelle qui augmente du jour au jour. Ce qui le montre, c'est le chômage qui s'accroit. Selon Sauvy, la vue des affamés, des chômeurs, des mendiants dégage une impression d'hommes en trop (Sauvy, 1973). De cette situation, le chômage montre que les hommes surpassent le nombre d'emplois.

Pour pallier ce problème de pression démographique sur les ressources naturelles, l'aménagement est de rigueur afin de pouvoir résister et maitriser ce choc de la pression sur la terre. C'est à partir de cette idée qui hante tout burundais que notre travail de recherche a affronté pour essayer d'analyser les effets de la croissance démographique sur les terres cultivables et constructibles dans la commune Butaganzwa de la province Ruyigi.

1. Question de départ

Dans un Etat comme le Burundi où l'agriculture est une activité de base avec une population croissante (PND-Burundi 2018-2027), le système agricole devient incapable de satisfaire les besoins de la population. Dans ce cas, pour résoudre ce fléau-choc, on doit recourir soit à l'innovation soit conquérir les autres terres inoccupées. Sinon, on doit accepter de mourir de faim.

En effet, le sol est devenu un problème pour la société burundaise et en particulier dans notre zone d'intérêt. Cela est expliqué par les conflits fonciers, le faible rendement par habitant compte tenu du rendement ultérieur, l'infertilité du territoire, etc.

Aujourd'hui, on a instauré un système d'intensification suite à l'atomisation des terres. Ainsi, chaque personne peut s'interroger sur ce qui est à l'origine de la diminution de l'espace cultivable.

2. Problématique

La dynamique de l'occupation du sol dans le monde s'accélère du jour au jour (WWF, 2018). Celle-ci est expliquée par la trilogie homme-développement-ressources naturelles qui est incompatible.

En Afrique et en particulier en Afrique de l'Est où notre zone d'étude se trouve, les transitions spatiales se traduisent par des dégradations du couvert végétal ; effet de la forte croissance démographique (Havyarimana et ali., 2017, Ndayirukiye S. et ali., 2015).

La relation entre la croissance démographique et l'émiettement des parcelles nous obligent à penser à une résilience (Hellman, 1976). C'est dans cette résilience qu'on peut faire face aux problématiques qui hantent la société burundaise et en particulier celle de la commune Butaganzwa.

L'adéquation ressources naturelles- population- développement est un facteur important pour bien planifier et aménager le territoire (Sous dir. Desjardins X.I.G.L., 2016). De ce fait, le rapport entre la croissance démographique et la production des richesses peut démontrer l'impact sur les ressources naturelles et l'environnement (Ananitchev, 1975). Ainsi par exemple, enfanter beaucoup c'est étendre l'espace cultivable pour satisfaire les besoins de la famille ce qui peut peser beaucoup sur les ressources naturelles et l'environnement. C'est le cas du Burundi et en particulier dans notre zone d'intervention où l'agriculture est la base de l'économie. Pour ce, un habitant de notre zone d'intérêt pour vivoter, il doit recourir à l'extensification des champs faute de l'infertilité du sol car il n'y a pas d'autres activités à part l'agriculture et l'élevage.

En réalité, comme la terre vitale à cultiver ne peut pas s'agrandir alors que la croissance démographique est exponentielle (Hellman, 1976), cela peut susciter des problèmes liés à l'espace cultivable, aux habitations, activités commerciales et places pour les villes et les routes.

Face à ces constats, on peut se poser une question de savoir les résultats de ces changements socio-environnementaux dans le futur si rien n'est fait. L'originalité de cette recherche réside d'une part dans l'analyse des effets de la croissance démographique sur les terres cultivables et constructibles et d'autre part l'analyse de la transition spatiale afin de trouver des règles acceptables pour préserver les ressources naturelles de notre zone d'intérêt.

Le choix de notre zone d'étude est motivé par un constat. En effet, notre zone a un couvert végétal naturel en dégradation de plus en plus accrue.

3. Intérêt du sujet

La dynamique de l'occupation des terres et le système d'exploitation archaïque (agriculture sur brûlis et la mise en jachère) de notre zone d'intervention a motivé le choix du sujet de notre travail de recherche afin de contribuer au développement résilient face à la croissance démographique.

Du fait que la population de notre zone d'intervention vit essentiellement du travail de la terre limitée face à la croissance démographique et économique, on assiste aux systèmes de surexploitation qui sont origines de la dégradation des terres et mauvais rendement, de l'érosion, de la perturbation hydrique, etc.

En effet, ce sujet ne manque pas d'intérêt car il témoigne sur les possibilités d'installations des ménages et l'avenir de l'agriculture et l'élevage face à la croissance démographique et économique de notre zone d'intérêt.

De plus, le présent travail vise à expliquer les liens qui existent entre l'homme et la disponibilité des terres cultivables et constructibles dans le but d'analyser les effets de la croissance démographique sur les terres de notre zone d'intérêt.

Du point de vu individuel, l'intérêt ne manque pas du fait que le présent travail nous a fort aidé à approfondir les connaissances apprises et à éveiller l'esprit en analysant des problèmes liés à la gestion des terres en utilisant les outils de la télédétection et du SIG.

Du point de vue scientifique, le présent travail aussi modeste soit- il, complète une documentation riche et concise de l'université du Burundi et autres universités et va servir aux chercheurs ultérieurs comme un guide qui les aidera à acquérir et à approfondir la recherche dans le domaine de la cartographie et des systèmes d'information géographique. Ce présent travail contribue également à exposer les données à tout chercheur qui veut travailler sur les problèmes de la gestion de la démographie et de la pression démographique sur les terres dans le but d'accroitre le rendement.

Du point de vue politique, notre travail de recherche a un rôle essentiel dans la prise de décision en matière de la dynamique de l'occupation du sol face à la croissance démographique.

Bref, nous voulons contribuer à étudier les effets de la croissance démographique sur les terres cultivables et constructibles de notre zone d'intervention.

4. Question de recherche

Comme notre objectif de recherche est de contribuer à éclairer nos sociétés par nos recherches sur l'aménagement du territoire face aux enjeux de la croissance démographique afin d'augmenter les terres cultivables et accroitre les richesses dans notre zone d'étude, nous avons élaboré notre question de recherche de la manière suivante : comment peut – on aider à résoudre les problèmes liés à la diminution des terres cultivables et constructibles ?

C'est cette question importante qui a guidé notre recherche en nous appuyant sur la théorie de la population qui a été développée dans le chapitre suivant.

5. Hypothèses de recherche

Au début de notre travail de recherche, notre pensée scientifique a été la question de savoir ce qui est à l'origine de la diminution des terres et du rendement.

En effet, notre revue de la littérature souligne que :

H1 : la tendance régressive des terres et du rendement est très liée à la croissance démographique.

H2 : Les activités anthropiques sont les principaux facteurs de l'extension spatiale utilisée

6. Méthodologie

La démarche méthodologique que nous avons appliquée combine la recherche documentaire, la cartographie et la collecte des données sur le terrain.

Pour pouvoir réaliser notre travail de recherche, nous avons procédé de la manière suivante :

En premier lieu, nous avons exploité les documents en rapport avec la théorie de la population et du développement. Il s'agissait des ouvrages généraux, mémoires, les thèses, les rapports et les autres publications. Nous avons recueilli les informations relatives à l'analyse de la dynamique de l'occupation et l'utilisation des terres, des enjeux de la croissance démographique, de la capacité de charge d'un territoire ainsi qu'aux problèmes liés à l'aménagement du territoire.

Des données statistiques et données vectorielles issues de certains organes techniques de l'Etat (précisément IGEBU et ISTEEBU par exemples les shapefiles utilisés pour élaborer les cartes de notre zone d'étude) ont permis d'évaluer la couverture communale en équipements de base notamment dans les secteurs de l'habitation, de l'agriculture et de la forêt.

En deuxième lieu, nous avons fait des descentes sur terrain. La seconde technique a été celle de l'observation directe. En effet, en tant que résident, nous avons pu observer durant des décennies, c'est-à-dire de 2000 à nos jours, les problèmes de fonctionnement de la vie des habitants de notre zone d'intervention.

Enfin, la collecte des données secondaires ont eu lieu dans les différents services administratifs et techniques ayant en charge la gouvernance communale et provinciale. Les données recueillies ont fait l'objet de traitement analytique, statistique et cartographique.

En troisième lieu, nous avons procédé au travail de bureau pour le traitement et analyse des images satellitaires Landsat et des données récoltées sur le terrain à l'aide des logiciels SPSS, Qgis, word et excel. Le logiciel Word a permis la saisie des informations et leur structuration. Le traitement statistique avec les logiciels SPSS et Excel a abouti à la réalisation de tableaux et de graphiques. Le logiciel quantum gis a permis de réaliser la carte de présentation de la zone d'étude et la matrice de transition et de confusion.

En dernier lieu, nous avons procédé à la rédaction du présent travail et à la présentation des résultats.

En général, dans le présent travail, l'approche méthodologique est basée sur la classification supervisée et non supervisée des images satellitaires de la série Landsat ETM+ et OLI avec l'utilisation de l'algorithme « Maximum de vraisemblance » couplé au travail de terrain. De plus, l'utilisation de l'outil SIG nous a permis de faire les analyses spatio-temporelles (2000-2022) et la production des différents résultats. Les principaux résultats portent sur les effets de la croissance démographique sur l'occupation des terres surtout dans notre zone d'intérêt où le changement d'occupation et usage des terres ont pris une ampleur sans précédent au cours des récentes décennies.

7. Délimitation de l'étude

Notre travail de recherche s'est intéressé à l'analyse des effets de la croissance démographique sur les terres dans la commune Butaganzwa. Il a couvert toutes les zones de la commune Butaganzwa de la province Ruyigi en vue de rendre notre zone d'intervention plus durable.

Ainsi, il s'est limité à la fois à la dimension économique et à la dimension organisationnelle en vue d'atténuer les problèmes liés à l'aménagement du territoire tout en augmentant la production et les terres cultivables et constructibles de notre zone d'intérêt.

Par ailleurs, la question foncière au Burundi et en particulier dans notre zone d'intérêt a été analysée du fait que l'économie est basée essentiellement sur l'activité agro-pastorale. Cette activité est secouée dans ces derniers jours par la crise foncière et l'organisation du territoire face à la croissance démographique rapide.

Pour ce faire, notre préoccupation est de montrer l'évolution démographique et son empreinte écologique de notre zone d'intérêt. Ainsi, pour rendre opérationnelle notre contribution, nous avons travaillé sur une période de 22 ans c'est-à-dire de 2000 à 2022. En effet, nous avons pris l'année 2000 comme année de référence du fait que l'Etat-civil de notre zone d'intérêt a des données secondaires depuis cette année. Les autres données ont été brûlées pendant la crise qui a endeuillé plusieurs familles de 1993 à 1999 (l'officier de l'Etat-civil, 2023).

8. Articulation du sujet

Pour répondre à la question centrale de notre travail de recherche, nous avons élaboré le plan suivant :

Dans le premier chapitre, nous avons élaboré le cadre conceptuel et théorique qui a guidé notre recherche.

Le second chapitre a été consacré à la présentation générale de la zone d'étude. C'est là où nous avons essayé de mettre en exergue l'évolution économique et environnementale de la zone d'étude.

Le troisième chapitre a été consacré au choix du protocole empirique. Ça a été alors l'occasion de présenter la méthodologie, les techniques d'échantillonnage, les modèles d'analyse, les outils d'analyse ainsi que les difficultés rencontrées et limites de l'étude.

Dans le quatrième chapitre, nous avons analysé, présenté et de discuté les résultats. Pour ce, il nous a facilité à faire l'analyse et le traitement des données récoltées sur le terrain.

Pour terminer notre travail de recherche, nous avons fait une conclusion générale dans le but de dégager les suggestions qui pourront guider les travaux d'aménagement du territoire durable, résilient et inclusif face à la croissance démographique.

CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE

Le présent chapitre permet de présenter la documentation existante orientée vers des recherches analogues de l'analyse des effets de la croissance démographique sur les terres. En effet, si l'occupation et l'utilisation des terres sont devenues de nos jours des concepts polysémiques et d'actualité, il ne faut pas oublier que plusieurs théories sur la population ont été établies pour résoudre les problèmes liés à la croissance démographique afin de garantir le bien-être à la population. Par exemple, Malthus (1798) s'est efforcé d'expliquer les problèmes des ménages liés à l'évolution géométrique de la population et la croissance arithmétique des subsistances. Pourtant, Boserup (1974 ; 1981) s'est donné corps et âme pour expliquer une relation positive entre la croissance démographique et l'innovation technologique.

En effet, si toutes ces théories ont eu le mérite de mettre en relief la problématique de la croissance démographique et du développement, elles n'ont pas cependant défini clairement la notion d'aménagement du territoire.

Avant d'étudier les outils théoriques qui pourraient éclaircir notre problématique, nous préférons en définir le cadre théorique et conceptuel et construire une méthodologie qui lui soit appropriée.

I.1. Cadre conceptuel

L'homme s'est intéressé aux questions de la démographie depuis le temps immémorial. En effet, pour résoudre les problèmes liés à l'occupation des terres, les autorités et les penseurs de l'antiquité ont eu leurs idées d'organiser leurs territoires en vue d'augmenter la production et assainir leurs territoires (Laurent C. et al., 2008).

De ce fait, ce présent point vise donc à introduire certains concepts de base qui siègent autour de la démographie du fait que c'est un concept qui est complexe et systémique. En effet, ces concepts nous permettront de bien cadrer le sujet du présent travail dans son contexte.

I.1.1. Démographie

Si d'emblée la démographie se présente comme une étude de la population, une analyse plus approfondie étudie deux phénomènes : la croissance démographique et l'aménagement du territoire. La première forme renvoie à l'occupation des terres et l'utilisation du sol. La seconde forme concerne la distribution des ménages dans un territoire donné.

Parfois appelé planification du territoire ou planification urbaine, l'aménagement du territoire vise à organiser, agencer ou arranger un territoire donné.

C'est une discipline qui vise à transformer le territoire afin de le « rendre conforme aux aspirations humaines » (Guay, 2001). Pierre-Yves Guay continue en expliquant que la planification territoriale consiste à développer une vision, et à identifier des objectifs et des façons de faire pour la mettre en application.

Ce nouveau concept est bien évidemment basé sur les principes du développement durable issus du rapport Brundtland de 1987 selon lequel le développement doit se faire de façon à ce que les besoins actuels soient comblés, sans pour autant compromettre les besoins des générations futures. Pour y arriver, un équilibre entre les sphères économique, social et environnemental doit être atteint.

Le lien entre le développement durable et l'aménagement du territoire est donc d'abord basé sur le fait que ces deux disciplines ont le même objet d'étude : la Terre (Fayolle et Tanguay, 2011). Ensuite, ils poursuivent des objectifs communs, soit de « […] mettre en œuvre des projets à caractère stratégique orientés vers le futur, soit susceptibles de déclencher une dynamique productive de richesse et d'emplois dans la durée » (Sedjari, 1999). Enfin, l'un et l'autre peuvent s'influencer. C'est-à-dire que des choix en aménagement du territoire peuvent être faits dans une perspective de développement durable. Par exemple, choisir de densifier un territoire pour minimiser la perte d'habitat.

Dans le même ordre d'idées, l'aménagement du territoire s'impose comme un instrument de rétablissement des équilibres socio-économique et environnemental et un outil de correction des disparités dues à une quelconque croissance.

De ce fait, il s'inscrit dans un schéma de développement axé sur une nouvelle dynamique de transformation des structures économiques, démographiques et sociales, générant des effets multiplicateurs et durables sur l'amélioration de la croissance économique et du revenu moyen par habitant et permettant la satisfaction des besoins fondamentaux, la réduction de la pauvreté, le développement du capital humain, la viabilité environnementale et l'équité sociale (PND Burundi 2018- 2027, p. 4).

Enfin, aménager le territoire doit tenir compte des activités et de la population de ce territoire qu'on veut mettre en évidence car l'aménagement du territoire fait face aux contraintes de la démographie galopante et de la croissance des activités dans le but de gérer et organiser les territoires.

Une analyse critique de ces diverses acceptions qui siègent autour du concept de la démographie laisse à penser qu'elles ne s'opposent pas. Plutôt, c'est un processus systémique qui entretient une relation interdépendante.

I.1.2. Est-ce que l'aménagement du territoire aide à trouver les solutions face à la croissance démographique ?

Selon Amor Belhedi (2010), l'action d'aménagement est très ancienne ce qui veut dire qu'elle est liée à la présence de l'homme sur la terre qui a cherché toujours à s'adapter à son milieu. En effet, parler l'homme c'est parler aussi ses activités parce que l'homme ne peut pas vivre sans travailler.

L'organisation de l'espace a commencé avec l'apparition de l'homme sur terre et surtout à l'époque néolithique (Laurent C. et al., 2008 ; Senécal P., 2010, Le Callennec S., 1992) quand la vie des hommes et leurs activités se sont radicalement transformées. On peut citer notamment la naissance de l'agriculture et l'élevage, de l'artisanat et la sédentarisation ce qui a permis l'organisation et la structuration de la société en ville ou villages.

Avec la croissance démographique, l'homme a cherché toujours à s'adapter et surmonter à des problématiques liées à la survie des hommes en transformant la nature afin de trouver les solutions aux problèmes posés.

Selon le dictionnaire de Pressat, R. (1979, p.39), la démographie est une étude des populations humaines en rapport avec leur renouvellement par le jeu des naissances, des décès et des mouvements migratoires. Elle cherche à étudier les relations réciproques qui existent entre l'évolution de la population et la dynamique des territoires afin d'analyser l'empreinte écologique. En effet, elle consiste à analyser les rapports réciproques existants entre la population et le développement dans le but de pérenniser l'équilibre écologique des territoires. Pour pérenniser l'équilibre écologique des territoires, il s'avère nécessaire de mettre en place des politiques de la population. Ce qui signifie que l'organisation des territoires et de la population serait un des piliers de ces politiques de la population.

L'homme s'est intéressé aux questions démographiques (considérations d'ordre politique, militaire, social et économique) depuis longtemps. On peut citer par exemple les œuvres de Conficius et de son école, de Platon, Aristote ainsi que celles des autres philosophes de l'antiquité qui traitent des questions de la diminution de la production par travailleur, un fléchissement du niveau de vie de la population et des conflits sociaux.

De plus, selon les USA. (1978, p.37), les écrivains de l'antiquité chinoise admettaient que l'existence d'un rapport idéal entre la superficie du sol et le nombre des habitants fait penser à l'organisation du territoire. En effet, ces auteurs estimaient que les pouvoirs publics devaient avant tout maintenir ce rapport en transférant dans des régions sous-peuplées des populations des régions surpeuplées, mais ils contestaient des migrations spontanées qui venaient renforcer l'action des autorités.

Selon Whittaker E. (1940, p.320), les écrivains de l'antiquité grecque se préoccupèrent davantage de mettre au point des politiques et des règles en matière de population que d'élaborer des théories. Dans les livres *Les lois* de Platon et la *Politique* d'Aristote, ces deux écrivains ont essayé d'étudier le problème de l'optimum de peuplement de leur territoire (Etat-Cité grec) dans le but de répondre aux besoins de la population qui est nombreuse. Tous les deux ont en commun que la surpopulation est un fardeau pour le territoire et le développement de leur cité d'où ils ont proposé des mesures d'avortement et de migration. Aristote in *Politique*, livre 2, livre 7, estime que les terres et les biens ne peuvent s'accroitre aussi rapidement que la population et en conclut qu'une population nombreuse serait génératrice de pauvreté et des maux sociaux. Pour Platon in *Les lois*, livre 4 ; livre 5; livre 6, il estime que, pour lutter contre la surpopulation, il est nécessaire de préconiser la régulation des naissances pour les familles nombreuses et, s'il le faut, le recours à l'immigration.

Les livres sacrés des hébreux tels que les passages de l'ancien testament (genèse1, 28 ; genèse 28, 14 ; genèse 30, 1 et 28 ; Deutéronome 26, 5 ; Proverbes 14, 28 ; Proverbes 17, 6 ; Psaume 77, 3 à 5 ; Ecclésiaste 4, 8 ; et Jérémie 12, 30) accordent une importance à la procréation et à la multiplication, leurs doctrines sont essentiellement populationnistes. Vu l'ampleur de la croissance démographique les auteurs chrétiens des premiers siècles et du Moyen Age condamnaient la polygamie, le divorce, l'avortement et l'infanticide d'où ils encourageaient la virginité, le célibat et la continence (1 Corinthiens 7 ; Romains 9,13 ; Colossiens 3, 5 ; Thessaloniciens 4, 3 ; 1 Timothée 5, 11 à 14).

Ces premiers écrits démographiques ont été concrétisés plus tard. Mais, on estime en général que les premiers linéaments d'une théorie démographique moderne ne commencent à se dessiner que dans les écrits de Malthus, à la fin du 18ème siècle. Son œuvre a éveillé l'intérêt pour les questions de population et les questions économiques et sociales connexes pour la première fois.

Selon USA (1978, p. 50), les premiers auteurs socialistes soutiennent que, dans une société réorganisée selon les principes qu'ils défendent, l'augmentation de la production, un ordre social plus juste et, dans la mesure du possible, la prévoyance des dirigeants permettront d'éviter un accroissement excessif de la population. En effet, l'inégalité sociale et la misère, pour la classe ouvrière, vont de pair avec l'essor du capitalisme. « Tous les auteurs socialistes attribuent la misère humaine à des tares de l'ordre social capitaliste […] » (USA, 1978). De ce fait, selon Gonner E.C.K (1899, deuxième partie) soutiennent que la propriété privée et la libre concurrence sont à l'origine du faible niveau des salaires et favorisent le chômage et contraignent les masses à travailler pour des salaires de misère.

Quant à Lénine (1941, p. 432 à 459) in USA en 1978, la surpopulation des régions de la Russie est due non pas à une disparité entre le taux d'accroissement de la population et celui de la production, mais à l'intrusion du capitalisme dans l'agriculture. A ce propos, nous pouvons affirmer que le capitalisme réduit les espaces cultivables du fait que les riches possèdent des latifundia alors que les pauvres n'en possèdent que des lits. En effet, bien que ces riches aillent produire beaucoup, les pauvres restent toujours dans la misère car ces pauvres n'ont pas là où ils peuvent pratiquer leurs activités agricoles. Ce qu'il pourrait aider les pauvres à vivre, c'est d'aller travailler dans les champs des riches. Il en est de même pour le Burundi et en particulier pour la zone de notre zone d'étude.

I.1.3. Effets de la croissance démographique sur les terres

La littérature laisse croire que les effets de la croissance démographique ont été analysés depuis longtemps même si leur indicateur n'était pas encore bien précis. Par exemple, dans les livres *Les lois* de Platon et la *politique* d'Aristote, ces deux philosophes ont essayé d'élucider le problème de la croissance démographique de leur territoire face aux ressources naturelles limitées. Tous les deux ont en commun que la surpopulation est un fardeau pour le territoire et le développement de leur cité d'où ils ont proposé des mesures d'avortement et de migration.

Selon Erlich P. (1968), dans son livre intitulé *The Population Bomb,* il a essayé d'étendre la théorie de Malthus en proposant une équation simple pour évaluer l'impact de l'activité humaine sur l'environnement appelé aujourd'hui empreinte écologique.

Mathis Wackernagel et William Rees (1996) quant à eux, dans son livre *Our ecological footprint: reducing human impact on earth,* ont essayé de mettre à la portée de tout le monde une formule pour calculer la bio-capacité et l'empreinte écologique. Dans le même ordre d'idées, le WWF (2016) souligne que pour calculer l'empreinte écologique globale, la connaissance l'empreinte cultures, l'empreinte pâturage, l'empreinte zones de pêche, l'empreinte produits forestiers, l'empreinte espaces bâtis, l'empreinte carbone est nécessaire.

Dans la même logique, le WWF (2016 ; p.42) a démontré comment on peut mesurer les menaces et pressions sur la biodiversité en utilisant l'indice planète vivante (IPV), l'Indicateur Liste rouge (ILR) et l'Indicateur d'intégrité de la biodiversité locale (IIBL)

Pour l'ONU-Habitat (2018), les scientifiques s'attellent à rechercher un indicateur de mesure du taux de consommation de l'espace et le taux de croissance démographique.

Pour évaluer la capacité de charge de la terre, le WWF(2008) a distingué deux indicateurs (l'empreinte écologique et la bio-capacité) ayant deux modalités : la démographie et la consommation. L'application de ces indicateurs a contribué à l'explication des enjeux de la croissance démographique sur les terres selon la demande et l'offre de notre zone de recherche.

Lecerf R. (2008) pour sa part, pense que la télédétection par l'usage des images satellitaires peut contribuer dans l'étude de la dynamique l'occupation du sol et l'utilisation des terres. Pour répondre à sa problématique, il a utilisé une méthodologie de la classification supervisée. Dans le même ordre d'idées, plusieurs auteurs ont utilisé la télédétection pour analyser la dynamique de l'occupation du sol. Ainsi, Havyarimana F. et al. (2017) et Djohy G.L. et al. (2016), en utilisant des images satellitaires, ont essayé d'analyser la dynamique de l'occupation du sol et l'évolution des terres agricoles tout en mettant en place une méthodologie de la classification supervisée. De tout cela, la télédétection a un rôle important dans l'analyse de l'évolution de l'occupation du sol.

I.1.4. Apport de la télédétection dans l'étude de la croissance démographique

Pour étudier la croissance démographique, on peut se servir des données de la télédétection (Dureau et al., 1989).

Selon ce même auteur (1987), pour suivre l'évolution de la croissance démographique du jour au jour, les instruments traditionnels dont l'observation sociodémographique, les recensements exhaustifs et enquêtes par sondage probabiliste se révèlent difficiles à mettre en œuvre et le coût de la collecte des données par sondage pour une population croissante sont énormes. En effet, pour suivre l'évolution de la transition démographique, il s'avère nécessaire d'analyser l'évolution de la forme du relief (Equipe ORSTOM, 1987). De ceci, d'une part, l'image sert pour la base de sondage, la stratification et l'échantillonnage et d'autre part l'image sert une traduction physique immédiate, et l'évolution des formes d'occupation ce qui permet de confirmer des hypothèses en ce qui concerne la croissance démographique. De plus, si on voit sur les images satellitaires que la dynamique de l'occupation du sol continue, on doit affirmer une croissance des activités humaines. A l'aide des images satellitaires, on peut même recenser les habitations si une fois on a utilisé des images à haute résolution (Equipe ORSTOM, 1987)

De façon générale, selon Gueriniai A. (2012), la télédétection apporte une vision globale et continue de la surface terrestre et des phénomènes qui s'y déroulent ; une vision riche d'informations ; un accès à des zones inaccessibles pour des questions de topographie, de climat et de catastrophes naturelles et une acquisition des données en temps voulu du fait que les images sont sous format numérique ce qui facilite l'observation répétitive des données, la modélisation des données et l'intégration des données dans les bases de données.

I.2. Cadre théorique

Ce présent point a, d'abord et avant tout, été rédigé dans le but de faire un aperçu sur les théories qui ont été élaborées à nos jours sur les problèmes liés à l'aménagement du territoire face à la l'explosion démographique. Dans le même ordre d'idées, celui qui s'adosse sur les théories concernant les problèmes liés à l'aménagement des territoires face à la croissance démographique est immédiatement confronté à la situation de deux thèses ou théories qui s'opposent : la théorie marxiste et la théorie malthusienne.

Il ne s'agit pas ici de faire les écrits de l'aménagement du territoire mais de rappeler brièvement quelques indications fournies par la théorie de la population sur le phénomène de l'aménagement du territoire.

Par ailleurs, il est indispensable de souligner que nous allons partir de cette théorie de la population pour expliquer l'aspect mystificateur de l'aménagement du territoire qui voile aux individus leurs conditions de vie notamment les rapports entre l'homme et la terre apparentés du capitalisme (individualisme) et non du socialisme.

Signalons que le concept d'aménagement du territoire dans l'approche socialisme émerge d'un point de départ de la théorie marxiste alors que dans l'approche capitaliste émerge celle bosérupienne.

I.2.1. Théorie malthusienne

Cette théorie met l'accent sur l'adéquation population et ressources naturelles c'est-à-dire l'excès de la croissance démographique par rapport aux ressources disponibles qui empêche chaque individu de la planète terre d'avoir un niveau de vie décent.

Selon Malthus (1798), dans son *Essai sur le principe de la population*, il a énoncé la première théorie sur l'évolution démographique et son impact sur les ressources naturelles limitées. Selon son analyse, il y a un déséquilibre entre le pouvoir de reproduction de l'espèce humaine et la capacité de production des moyens de subsistance beaucoup plus limitée. Dans le même ordre d'idées, la population croit selon une progression géométrique, avec un doublement de tous les 25 ans alors que les subsistances ne s'accroissent que selon une progression arithmétique. Il a inventé cette théorie dans le but de répondre aux économistes qui préconisent une intervention accrue des pouvoirs publics pour faire face aux difficultés.

En 1968, Erlich P. a soutenu l'idée de Malthus dans son livre intitulé *The Population Bomb* où il prédisait que la croissance démographique jointe à l'épuisement des ressources naturelles et à la dégradation de l'environnement liée à l'activité des hommes en général, allait inévitablement conduire le monde à sa catastrophe par l'intermédiaire de famines et le manque d'eau et des ressources naturelles. Pour démontrer sa théorie, il proposait une équation simple pour évaluer l'impact de l'activité humaine sur l'environnement appelé aujourd'hui empreinte écologique.

Cette équation est formulée ainsi : I(t) = P(t) X A(t) X T(t) où I(t) = Impact sur l'environnement au temps t, P(t) = Population au temps t, A(t) = Affluence (consommation par tête ou PIB par tête) au temps t et T(t) = Technologie (ressources pour produire une unité de A) au temps t.

On ne peut pas éloigner le rapport de Meadows paru en 1972 qui soutient que la croissance matérielle perpétuelle conduira tôt ou tard à l'effondrement du monde qui nous entoure.

Cette conclusion n'est pas contraire à la théorie de Malthus sauf que ce dernier vienne pour renforcer l'idée et répondre aux économistes qui croient en la croissance démographique pour augmenter une main-d'œuvre parce que ses préoccupations concernent la crainte de la surpopulation mondiale.

I.2.2. Théorie bosérupienne

Pour répondre aux malthusianistes, la théorie bosérupienne n'a cessé d'expliquer que la croissance démographique est un stimulant indispensable de tout développement. Ainsi, selon Julian S. (1981) et Kuznets S. (1960), il n'y a pas de problèmes de la surpopulation car plus la population est nombreuse plus sa capacité d'intervention et d'innovation est grande. Dans le même ordre d'idées, Emile Dupreel (1928) et Sauvy (1966, 1979) ont soutenu que la pression démographique oblige à améliorer les techniques de production et à innover.

Et en 1989, Arthur, B.W a essayé de mettre à l'abri une théorie qui montre que la hausse des prix suite à la croissance démographique fait jaillir des progrès techniques portant sur le capital alors que la diminution de la croissance démographique fait augmenter les salaires et en conséquence fait jaillir les progrès techniques portant sur le travail. Par ailleurs, cette idée bosérupienne a trouvé de nombreux auteurs qui l'épousaient tels que Stein Hansen, John Maynard Keynes et Colin Clark.

Enfin, cette théorie souvent appelée théorie de l'optimum de la population envisage essentiellement les rapports entre l'effectif de la population et les ressources.

I.2.3. Théories marxistes

Ces théories mettent l'accent sur la rationalité économique et sociale de l'organisation du territoire à l'intérieur des modes de production. Pour les marxistes, la société est groupée en classes sociales et la croissance démographique est déterminée par la demande du travail et les intérêts de chaque famille.

En effet, chaque famille fait une stratégie de survie en fonction de deux modes de production sachant que chaque classe a ses conditions matérielles d'existence à savoir : la production domestique et la production capitaliste. Pour la production domestique, la fécondité constitue une source de main-d'œuvre et élément important pour la survie de la famille. Mais dans le mode de production capitaliste, une forte fécondité devient couteuse.

En effet, selon Botero in *The Reason of State and the Greatness of Cities* publié en 1589, il affirme que ce qui fait la force d'un Etat que c'est la population et la primauté de l'industrie sur l'agriculture. De plus, les auteurs de l'école mercantiliste comme Child (1964, chap. 2 et 10), Coke (1671, p. 2 et 10), et Bodin (1576, livre 5, Chap. 2) confirme que la vraie richesse d'un pays n'est que leur population. Les mercantilistes considèrent la population nombreuse à la fois comme des avantages politiques et économiques.

Selon Marx (1867, p. 641 et 642), le danger de la surpopulation signalé par Malthus tient compte du mode de production capitaliste et au fait que la classe possédante s'approprie la plus-value créée par le travail et que ce danger ne procède nullement de prétendues tendances biologiques de l'espèce humaine. De ce fait, la conclusion de son travail a été celle de la division du travail. Mais, selon ce même auteur (1867, p. 317), la différenciation villes-campagnes et accélération de l'urbanisation qui vont de pair avec la concentration des capitaux, des industries manufacturières et de la population sont à la fois cause et effet de la division du travail plus poussée.

Conclusion du premier chapitre

La documentation existante orientée vers les recherches analogues de notre travail d'étude souligne que le concept démographie est un concept systémique qui doit étudier la croissance démographique et la planification du territoire en même temps. Ce qui veut dire qu'on ne peut pas étudier la croissance démographique sans étudier l'aménagement du territoire. En effet, si l'aménagement du territoire et la croissance démographique sont devenus de nos jours des concepts d'actualité, il ne faut pas oublier que le monde entier est à la recherche d'un développement résilient face aux enjeux démographiques à travers les différentes théories de la population.

CHAPITRE II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le présent point permet de présenter et de mettre en exergue d'une manière générale l'évolution économique et environnementale de la zone d'étude.

II.1. Situation géographique de la commune Butaganzwa

Butaganzwa est une des sept communes de la province Ruyigi qui se situe à l'Est du Burundi et au Sud-Ouest de cette province. Elle se trouve aux confins de deux régions naturelles du Burundi qui sont les plateaux centraux et les dépressions de Kumoso.

Par rapport à un système de coordonnées géographiques, notre zone d'intérêt se situe approximativement entre 30°02' et 30°15' de longitude Est et entre 3°25' et 3°40' de latitude Sud.

Avec une superficie de 341,8 Km^2 répartis sur 39 collines de recensement (PCDC III, 2019), notre zone d'étude se trouve entièrement dans la région naturelle des plateaux centraux bien qu'une petite partie du Sud-Est présente des aspects de la dépression de Kumoso telles que les collines de Gakonko, Nyankende, et Titi. Comprenant 4 zones, elle est reliée à la province Gitega par la RN 13.

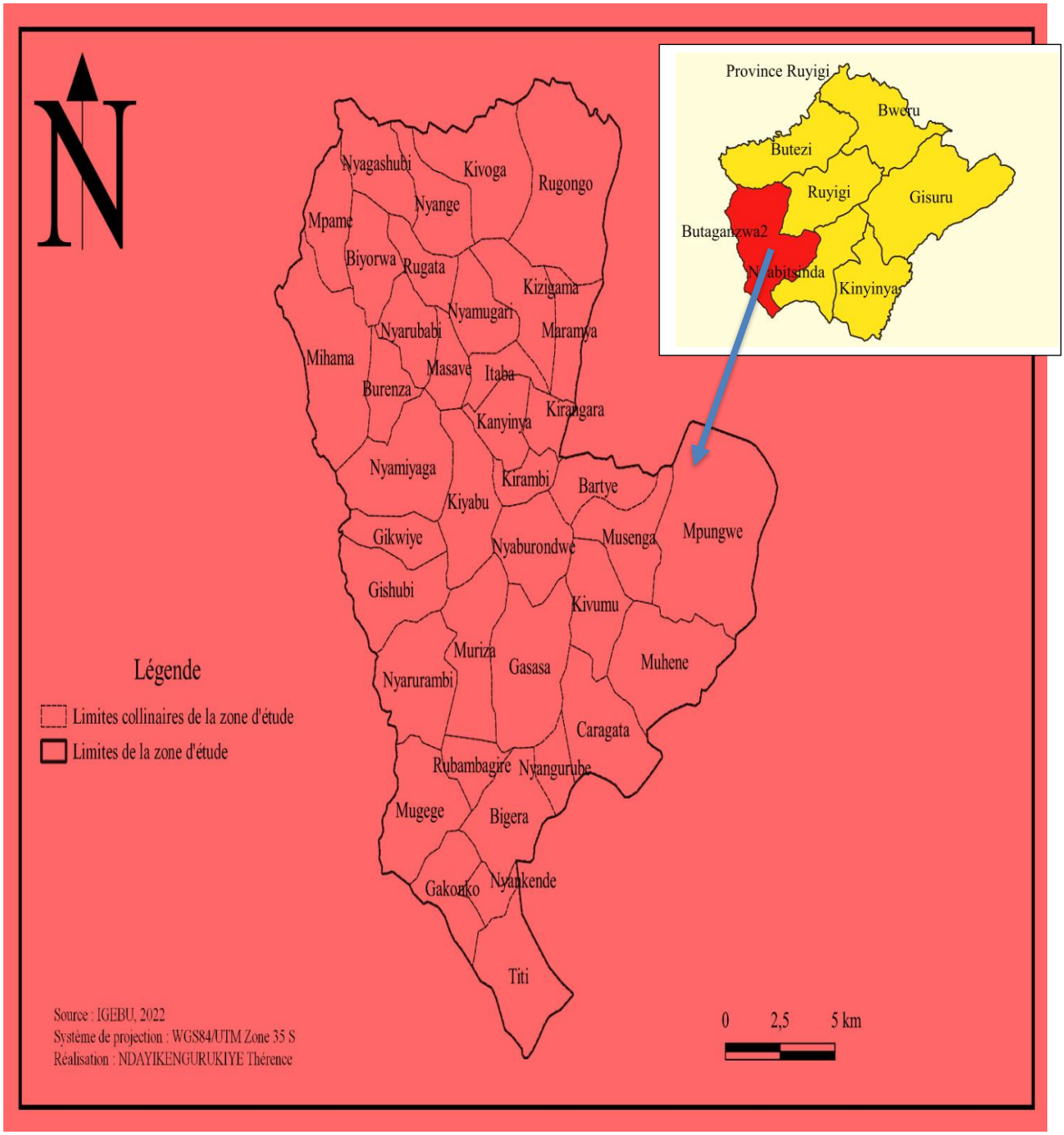
Sur le plan administratif, notre zone d'intérêt fait frontière avec trois communes de la province Ruyigi : Butezi dont elle est séparée par la rivière Sanzu au Nord, Ruyigi au Nord-Est et Nyabitsinda au Sud-Est. Du côté de la province Gitega, elle est frontalière avec les communes Gitega et Itaba par un cours d'eau qui s'appelle Nyakijanda qui reçoit plus au Nord-Ouest le Kamiranzovu, le principal collecteur des eaux de notre zone d'intervention avant de rencontrer le Sanzu pour former le Nyabaha, affluent de la Ruvubu. Elle côtoie au Sud la province Rutana dans ses communes de Musongati et Mpinga-Kayove.

Tableau 1 : Répartition des collines par zone dans la commune Butaganzwa

N^{O}	**Zones**	**Collines**
1	Muriza	Bartye, Gasasa, Gikwiye, Gishubi, Kanyinya, Kirambi, Kiyabu, Muriza, Nyaburondwe, Nyamiyaga et Nyarurambi
2	Biyogwa	Biyogwa, Burenza, Itaba, Masazi, Mihama, Mpame,Nyamugari, Nyarubabi et Rugata
3	Rugongo	Kirangara, Kivoga, Kizigama, Maramvya, Nyagashubi, Nyange, Rugongo.
4	Mugege	Bigera, Caragata, Gakonko, Kivumu, Mpungwe, Mugege, Muhene, Musenga, Nyangurube, Nyankende, Rubambagire, Titi.
	Total	39

***Source** : PCDC III, 2019*

Figure 1 : Carte administrative de la zone d'étude



II.2. Aspects physiques

Notre zone d'intervention est localisée dans les deux types de régions naturelles (les plateaux centraux et dépression de Kumoso) dominées par un climat tropical à quatre saisons réparties comme suit : une petite saison des pluies de septembre à décembre, une petite saison sèche de décembre à janvier, une grande saison des pluies de février à avril et une grande saison sèche de juin à août.

En effet, les différences de climat entre les deux régions naturelles ne sont pas fortement marquées. Même si c'est ainsi, la saison sèche étant trop longue à Kumoso qu'aux plateaux centraux (Ndayirukiye S. et al., 1991).

Les sols sont à dominance acide de couleur rougeâtre sur l'endroit de petites collines. Près des cours d'eau et des rivières, il y a lieu de souligner une forte présence des sols sablo-argileux. Les sommets des collines sont constitués en grande partie par une roche quartzitique et des cuirasses. Le relief de Butaganzwa est situé à une altitude moyenne variant entre 1.500 et 1.700 m (PCDC III, 2019).

Le réseau hydrographique est constitué principalement par de petites rivières qui parcourent l'ensemble de la commune. Toutefois, la plus grande partie de ces rivières est exploitée de façon anarchique et traditionnelle. Le bienfait de la mise en application de la planification du territoire pour un développement résilient face à la croissance démographique n'est encore exploité dans notre zone d'intervention. Ainsi, par exemple, la faible présence voire même l'absence des voies d'accès dans certains quartiers comme quartiers Maribori, Somalie, etc. confirme bien cette faible exploitation du bienfait d'aménagement du territoire car du jour au jour on voit ériger des villas dans ces quartiers sans tenir compte aux problèmes de la vocation du terrain. De plus, la plus grande partie des rivières sont exploitées de façon anarchique sauf la rivière Cigazure et Kamiranzovu exploitées de manière traditionnelles.

Selon Ananitchev (1975, p.15), l'homme d'aujourd'hui ne devrait pas penser seulement à sa génération, il devrait planifier et prévoir son activité grâce à tous les acquis de sa nature, de sa civilisation, de sa science et de sa technique dans le but de résoudre les problèmes de son milieu.

II.3. Aspects humains

Selon le Recensement Général de la Population et de l'Habitant de 2008, la population de Butaganzwa était de 63186 habitants. De ce fait, la densité de la population représente un nombre de 184.9 habitants par km^2. Cette population était constituée de 31302 hommes, 31884 femmes (PCDC III, 2019). Cette structure montre que les femmes sont plus nombreuses que les hommes. En effet, cette répartition par sexe démontre la crise des hommes ce qui pourrait engendrer la prostitution dans le futur pour les femmes qui n'auront pas leurs maris.

La population de la commune est extrêmement jeune. Cela signifie que la grande partie de la population est âgée de moins de 25 ans. Selon le rapport communal de 2019, les personnes âgées de plus de 60 ans ne représentent que 4,3% de la population totale alors que la population de 15 à 64 ans est estimée à 46492, soit un taux de 55,1%.

L'effectif de la population est passé de 50935 habitants en 2000 à 112786 habitants en 2022 (données de l'Etat-civile) soit un accroissement moyen de 6,29 % en 22 ans. Ce boom est très largement tributaire de l'immigration des colons agricoles venus du centre du pays à la recherche de terres agricoles fertiles dans la zone d'étude (PCDC III, 2019).

Tableau 2 : Répartition de la population de Butaganzwa par colline

N°	Collines	Superficie en ha	Ménages	Population totale en 2022	Densité hab. / ha
1	Bartye	646	427	2581	3,99
2	Bigera	1035	2014	2813	2,71
3	Biyorwa	647	678	2620	4,05
4	Burenza	422	494	2849	6,75
5	Caragata	1320	513	2664	2,02
6	Gakonko	706	577	2713	3,84
7	Gasasa	1617	861	4844	2,99
8	Gikwiye	3244	483	2234	0,69
9	Gishubi	1045	507	2808	2,68
10	Kanyinya	441	330	1817	4,12
11	Kirambi	237	299	1700	7,17
12	Kirangara	237	441	1639	6,91
13	Kivoga	1457	445	2880	1,98
14	Kivumu	850	482	2924	3,32
15	Kiyabu	1086	601	3407	3,13
16	Kizigama	759	527	2958	3,90
17	Maramvya	502	368	2036	4,06
18	Masazi	262	241	1717	6,55
19	Mihama	1708	981	5373	3,15
20	Mpame	646	398	1894	2,93
21	Mpungwe	2637	1074	5965	2,26
22	Mugege	1219	578	2775	2,28
23	Muhene	1543	538	3040	1,97
24	Muriza	1174	1838	7805	6,64
25	Musenga	850	531	2991	3,51
26	Nyaburondwe	758	493	2869	3,78
27	Nyagashubi	758	374	1908	2,52
28	Nyamiyaga	1412	747	4340	3,07
29	Nyamugari	568	265	1704	3,00
30	Nyange	216	505	2741	12,69
31	Nyangurube	687	254	1521	2,21
32	Nyankende	153	369	1866	12,20
33	Nyarubabi	531	289	1576	2,97
34	Nyarurambi	1318	692	4257	3,23
35	Rubambagire	319	207	1170	3,67
36	Rugata	360	319	1594	4,43
37	Rugongo	2280	1037	5792	2,54
38	Taba	2012	192	1338	0,66
39	Titi	1157	551	2329	2,01
Total		34188	20495	112786	3,30

Source : *Ntiruvakure, F,* 1995 *p. 22-23 ; Etat civil, 2022*

De ce tableau, il est à signaler que la densité de notre zone d'étude est de 3,3 habitants par hectare ce qui signifie qu'un habitant n'a que 0,25 hectares. Ainsi, nous pouvons comprendre que, pour satisfaire les besoins d'un habitant, environ 4 personnes doivent partager ensemble un hectare pour exercer leurs activités car l'activité génératrice de revenu n'est qu'exploiter la terre.

Les terres les plus fertiles sont les plus occupées que les autres. Ceci est expliqué par une densité du chef-lieu (Muriza avec sa densité de 6,64 habitants par hectare) qui devrait être supérieure aux autres collines du fait de sa fonction administrative et économique. En effet, les collines qui ont une densité comprise entre 6 et 12 habitants par hectare (entre 8 et 16 ares par habitant) sont des zones les plus fertiles ce qui a excité un bon nombre d'habitants à venir s'y installer. Dans le même ordre d'idées, les collines ayant une densité allant de 3 à 6 habitants par hectare (entre 16 et 33 ares par habitant) sont comptées parmi les collines qui sont moyennement fertiles tandis que les collines qui sont faiblement occupées sont zones les moins fertiles (entre 33 et 100 ares par habitant).

Pour clore, ce tableau nous montre que, suite au manque des terres cultivables et constructives, on cherche même à exploiter et conquérir des zones impropres à l'agriculture dans le but de satisfaire leurs besoins ce qui accroît la dégradation du paysage de notre zone d'étude.

II.4. Aspects économiques

L'agriculture, principale activité de la population, repose sur un système de cultures itinérantes sur brûlis dominé par les plantes à racines et tubercules et par les céréales.

Plusieurs activités économiques sont exercées dans la Commune Butaganzwa notamment : l'agriculture, l'élevage, l'exploitation des carrières, le commerce, et l'artisanat. L'économie de la commune Butaganzwa repose essentiellement sur une agriculture de subsistance. Les autres secteurs de production en dehors de l'agriculture et l'élevage sont presque délaissés ou partiellement exploités, ce qui laisse comprendre que le besoin de changer les techniques agricole et de développer des activités rémunératrices est d'importance capitale.

L'élevage des bovins est pratiqué dans la commune ainsi que d'autres espèces comme, les ovins, les porcins, la volaille et les caprins.

La Commune Butaganzwa tire aussi des revenus dans l'activité commerciale. En effet, 884 boutiques (PCDC III, 2019) constituent l'une des sources de recettes propres de la commune à travers le paiement des taxes. Elle compte 5 centres de négoce animés par les petits commerçants.

II.4.1. Agriculture

L'agriculture est la principale activité dans la commune et occupe environ 95% de la population (PCDCIII, 2019). Selon le PCDC III de 2019, la production agricole de notre zone d'étude est dominée essentiellement par les cultures vivrières (maïs, arachides, haricots, tomates, banane, patates douce) et due à la pratique de l'agriculture rudimentaire. Les producteurs rencontrent des difficultés dues à la faible disponibilité des intrants agricoles notamment les produits phytosanitaires et les semences sélectionnées ce qui justifie la faible production agricole.

Selon le rapport communal de 2019, la culture d'éleusine a connu une révolution dans ces dernières années et constitue une menace pour les ressources naturelles, notamment pour les sols et la végétation suite à la recherche de nouvelles terres pour cette culture. En effet, la population de notre zone d'étude cherche à faire l'intensification dans le but de trouver ce qu'ils peuvent donner à leurs familles car l'exiguïté des terres est une réalité dans la commune Butaganzwa.

Pour pallier ce problème de la dynamique de l'occupation du sol et de l'exiguïté des terres, l'aménagement est de rigueur afin de pouvoir résister et maitriser cette menace sur la terre notamment pour les sols et la végétation.

Tableau 3 : Evolution de la production des cultures vivrières entre 2015 et 2021

Type de cultures	2015 (en tonne)	2018 (en tonne)
Mais	24480	27520
Haricot	14960	20640
Patate douce	61200	103880
Riz	512	666
Pomme de terre	38080	108000
Manioc	113053	125002

Source : Rapport de l'Agronome de Butaganzwa, 2018

Selon les propos de l'agronome communal, la collecte de ces données était très facile. En effet, pendant la période de récolte, tous les habitants de la commune Butaganzwa étaient sensibilisés à apporter leurs récoltes dans les hangars communaux ce qui facilite la comptabilité des récoltes par saison et par an. En effet, pour chaque saison de récolte, tout agronome a une obligation de passer dans sa circonscription dont il est responsable pour faire la comptabilité des récoltes de chaque ménage.

Quant aux équipements, l'agriculture en commune Butaganzwa n'est pas mécanisée. On utilise exclusivement des houes, des machettes, des serpettes et des pioches. Au niveau de l'aménagement des marais, la commune Butaganzwa enregistre une superficie de 65 ha aménagée pour le marais de Kamiranzovu (PCDC III, 2019).

Quant à la culture maraichère, elle est dominée par la culture du chou, des tomates et des amarantes. Le tableau suivant montre la production des cultures maraichères.

Tableau 4 : Productions des cultures maraîchères de 2014 à 2018

Culture Maraîchères	2014 en tonnes	2015 en tonnes	2016 en tonnes	2018 en tonnes
Choux	36.00	127.37	130.88	98.00
Tomates	2.50	3.10	5.79	4.95
Lengalenga	2.25	5.10	4.99	9.90
Ognons	16.80	49.40	50.34	67.50
Poireaux	16.20	20.68	33.97	57.60
Aubergines	105.60	123. 84	100.07	153.00

Source : Rapport de l'Agronome de Butaganzwa, 2018

Pour calculer le poids de ces cultures maraîchères, l'agronome communal explique que les moniteurs agricoles de toutes les collines de recensement de notre zone d'étude ont une obligation et devoir de suivre la récolte de leur population tout en calculant la récolte obtenue par hectare pour enfin transmettre le rapport à l'agronome communal.

II.4.2. Elevage

Selon le rapport fourni par l'agronome communal, l'élevage de notre zone d'intérêt est dominé par des bovins, des ovins, des porcins, de la volaille ainsi que des caprins. Toutefois, l'absence d'infrastructures modernes et l'insuffisance d'encadrement des producteurs, constituent un frein pour le développement de l'activité pastorale de Butaganzwa. Le tableau suivant montre l'évolution des têtes d'animaux depuis 2013 à 2018

Tableau 5: Evolution des effectifs d'animaux domestiques de la commune Butaganzwa de 2013 à 2018

Type d'animaux	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Bovins	3423	3963	3962	3123	3237	3487
Caprins	35987	36025	37121	28184	29392	40000
Ovins	3962	4010	4092	1787	1624	2341
Porcins	2453	2465	2499	1865	1719	1803
Volailles	40323	41677	43672	22843	22000	48000
Lapins	1763	8900	8090	1428	1428	1913

Source : Rapport BPEAE Ruyigi, 2018

Il est à constater que le nombre de bovins connait une faible croissance avec un taux de 1,8% durant cette période. Par contre, le nombre des ovins a connu une décroissance de 40% et celui des porcins enregistre une diminution de 26%.

Seules les volailles ont connu un taux de croissance de 19,0%. Compte tenu de la population de Butaganzwa estimé à 82824 habitants en 2018 (Etat civil), la production animale ne peut pas couvrir leurs besoins c'est-à-dire que le rapport du BPEAE (2018) estime que 24 personnes partagent une vache, 2 personnes une chèvre, 35 personnes un mouton, 46 personnes un porc, 2 personnes une poule et 43 personnes un lapin. De ces propos, si chaque personne consomme la viande à sa satiété, il y aura carence de viande dans les années à venir.

Tableau 6 : Evolution de la production animale de 2013 à 2018

Produits	**Unité**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**
Lait	Litres	151600	171000	45000	47000	46000	177000
Viande	Tonne	167.2	581	185.7	149.3	440.4	460.3
Œuf	Nombre 10^6	0.051	0.013	0.025	0.065	0.080	0.075
Miel	Tonnes	0.3	1.8	0.40	2.3	1.5	0.663

Source : Rapport BPEAE Ruyigi, 2018

peut consommer 2 litres de lait par an, 5kg de viande par an, 1 œuf par an et 8 g de miel par an. Ce qui justifie que le chemin est encore long pour atteindre la sécurité alimentaire et la croissance économique à partir du développement de ce secteur pastoral.

II.4.3. Commerce

A côté de 884 boutiques existantes sur le territoire de Butaganzwa, la commune est désenclavée par la RN13 constituant une liaison entre Gitega et Butaganzwa. Presque tous les marchands de la commune Butaganzwa s'approvisionnent à partir de la province Gitega. Les Boutiques de la commune Butaganzwa contiennent des savons, les habits, les ustensiles de cuisines, les boissons de la Brarudi, les produits de beauté, les vivres, etc.

La contribution du commerce dans les recettes communales est de 5,3% en 2018 et la population de Butaganzwa l'a projetée à 50% des recettes en 2024 (PCDC III, 2019).

II.5. Situation sociale

Selon le rapport communal de 2019, le chômage et sa gestion restent la problématique cruciale de la commune Butaganzwa. De ce fait, Hardin (1970) explique que le chômage est le résultat de l'indisponibilité du travail ce qui confirme la tendance régressive des terres cultivables.

En 2019, la commune compte 18550 maisons et parmi ces dernières 6437 maisons sont en tôles (soit 34,7%), 5899 en tuiles (soit 31,8%) et 6214 en pailles (soit 33,5%) (Rapport communal de 2019). En effet, les plus aisées vivent dans les maisons en tôles, les pauvres en tuiles et les misérables en pailles.

II.6. Environnement et changement climatique

Quant au système de la protection de l'environnement, notre zone d'étude est caractérisée par une faible protection de l'environnement et un faible taux de reboisement des surfaces existantes. Avec l'année 2018, la commune enregistrait une superficie de boisement privée de 874,87 ha et 18,32 ha de boisement communal (Rapport de l'Agronome de Butaganzwa de 2018). La plus part des boisements sont composés d'eucalyptus. Selon ce même rapport, grâce à la politique nationale de reboisement, 1.812.278 plants ont été plantés dans toute la commune en 2018.

Conclusion du deuxième chapitre

La commune Butaganzwa est l'une des communes de la province Ruyigi où la tendance régressive des terres cultivables est en pleine expansion. Cela est expliqué par le rendement par habitant et par an que chaque paysan de notre zone d'intérêt reçoit après la récolte. Ainsi par exemple en 2018, les données montrent qu'une personne de notre zone d'intervention peut consommer environ 2 litres de lait par an, 5kg de viande par an, 1 œuf par an et 8 g de miel par an. De plus, pendant cette même année, les données montrent que 24 personnes partagent environ une vache, 2 personnes une chèvre, 35 personnes un mouton, 46 personnes un porc, 2 personnes une poule et 43 personnes un lapin. En effet, si chaque personne consomme la récolte de la production animale à sa satiété, la production animale ne peut pas couvrir leurs besoins.

Il est à signaler que la densité de notre zone d'étude est de 3,3 habitants par hectare ce qui signifie qu'un habitant n'a que 0,25 hectares. De cela, nous pouvons comprendre que, pour satisfaire les besoins d'un habitant, environ 4 personnes doivent partager ensemble un hectare pour exercer leurs activités car l'activité génératrice de revenu n'est qu'exploiter la terre.

De tous ces propos, la tendance régressive des terres cultivables et constructibles est une réalité du fait que chaque activité a besoin d'une superficie.

CHAPITRE III : CHOIX DU PROTOCOLE EMPIRIQUE

Ce chapitre précise l'ensemble des techniques et méthodes scientifiques ainsi que des outils d'analyse et de traitement des données utilisés pour arriver aux résultats attendus.

III.1. Méthodologie

Pour notre recherche, la démarche méthodologique adoptée repose sur les prétraitements, les traitements des images satellitaires et les missions de collectes de données sur le terrain pour la validation des résultats. Les images utilisées sont extraites des scènes Landsat 5 ETM+ (2000, 2008) et Landsat 8 OLI/TIRS (2015, 2022).

Le prétraitement a consisté en la réalisation de la correction radiométrique pour réduire les effets perturbateurs de l'atmosphère car nous avons effectué une comparaison d'information à différentes dates. Après le prétraitement, nous avons procédé au traitement proprement dit où nous avons essayé de faire le calcul des indices de végétation tels que le Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ou Indice de Végétation Normalisé (Rouse et al., 1974) dans le but de suivre l'évolution de la végétation, le Brightness Index (BI) ou indice de Brillance des sols qui explique les éléments stériles (non chlorophyliens) comme l'urbain suivant un calcul $IB = \sqrt{(R^2+PIR^2)}$ et le Wetness Index (WI) ou indice d'humidité qui éclaire les surfaces submergées ou saturées.

Pour réaliser la composition colorée, nous avons fait une combinaison linéaire de deux canaux de l'image (Rouge/Vert/Bleu) de vraie couleur des bandes 2-3-4 pour l'image de Landsat 5 et 3-4-5 pour Landsat 8 car ils présentent les meilleures discriminations des types d'occupation du sol (N'da D. H., 2007). Pour évaluer les résultats de la classification des images, nous avons fait une matrice de contingence ou matrice de confusion (Jensen, 1996). Les coordonnées fournies par le GPS et les observations de terrain nous ont permis de valider la classification des images. Pour réaliser les cartes de la dynamique de l'occupation du sol nous avons utilisé de la vectorisation des résultats de la classification des images raster. La dynamique spatiale est mesurée à partir du taux de conversion (Arouna, 2012).

Pour vérifier si la croissance démographique et les activités anthropiques ont un impact sur la diminution des espaces cultivables et de la récolte, nous avons choisi un modèle d'analyse des images satellitaires de Landsat à travers la matrice de transition et de la capacité de charge de la terre développé par Mathis Wackernagel et William Rees en 1996.

Vu que la croissance démographique et les activités de l'homme sont des variables difficiles à mesurer directement pour quantifier la dynamique de l'occupation et l'utilisation des terres, il existe plusieurs indicateurs de la capacité de charge de la terre à savoir : la biocapacité, l'empreinte écologique, bioproductivité, intensité d'empreinte, etc.

Dans le cadre de notre étude, nous avons cherché à saisir les impacts de la croissance démographique sur la disponibilité des terres arables et constructibles mesurés par l'empreinte écologique et la biocapacité. Pour capturer l'impact des composantes de la croissance démographique et les activités anthropiques, nous avons choisi des données annuelles des variables exogènes et endogènes couvrant la période 2000-2022. Le choix de cet échantillon est justifié par la disponibilité des données secondaires collectées au Recensement Général de la Population et de l'Habitat de 2008 et celles de l'administration locale.

Ainsi, la collecte des données et les statistiques agricoles disponibles et les données de la télédétection ont permis d'effectuer des inventaires des effets de la croissance démographique sur les terres.

III.2. Matériels et outils d'analyse

III.2.1. Matériels

Les matériels utilisés sont composé d'un GPS (Global Positioning System) pour la géolocalisation et le contrôle-terrain ; un ordinateur portable qui a un système d'exploitation de Windows 10 Pro de marque *e*machines de RAM de 2.00 GB, processeur 2.20 GHz avec le système de 32 bit ; QGIS 3.18 pour le traitement numérique des images satellitaires Landsat et les travaux de cartographie et du tableur Excel 2013 pour le traitement des données statistiques. Concernant les images, les quatre images satellitaires de type Landsat 8 et Landsat 5 ont été téléchargés sur les sites earthexplorer.usgs.gov. Vu que nos données secondaires disponibles recouvrent les années de 2000, 2008, 2015 et de 2022 ; ces quatre images de type Landsat ont été utilisés pour la réalisation des cartes d'occupation du sol de la zone d'étude.

III.2.1.1. Images satellitaires

Quatre images satellitaires Landsat (tableau 2) multi-dates (2000, 2008, 2015 et 2022) obtenues sur la plateforme http://glovis.usgs.gov/ ont été utilisées pour réaliser l'analyse de la dynamique de notre zone d'intervention et produire les cartes thématiques.

Le choix de ces images tient compte de leur disponibilité et d'une meilleure couverture spatiale de la zone d'étude qu'elles offrent. Leur traitement se complète par des vérifications de terrain.

III.2.1.2. Logiciels

Pour le travail du traitement et analyse des données récoltées sur le terrain, nous avons fait recours aux logiciels SPSS, QGIS, word et excel. Le logiciel Word a permis la saisie des informations et leur structuration. Le traitement statistique avec les logiciels SPSS et Excel nous a abouti à la réalisation des tableaux et des graphiques. Le logiciel Quantum GIS nous a permis de réaliser la carte de présentation de la zone d'étude et d'occupation du sol.

III.3. Modèles d'analyse

III.3.1. Réalisation des cartes thématiques

Dans le cadre de faire les cartes thématiques ; la collecte des données, les observations de terrain et les images satellitaires de la plateforme http://glovis.usgs.gov/ retenues nous ont permis de traiter et valider ces dernières.

III.3.2. Traitement d'images

Le traitement des images Landsat des années 2000, 2008, 2015 et 2022 nous a permis d'étudier la dynamique de l'occupation des terres. Nous avons fait ce traitement en deux étapes telles que le prétraitement et le traitement des images. Dans le prétraitement, nous avons fait recours à la correction géométrique, radiométrique (réflectance) et le choix de la composition colorée des bandes spectrales. Le traitement proprement dit des images a été une étape de la réalisation des classifications supervisées et non supervisées. Nous avons aussi calculé l'indice de végétation normalisée «NDVI» tout en sachant que ses valeurs s'étalent de -1 à 1 (Davranche, 2008).

Si le NDVI = [0, +1[, la végétation a une forte activité chlorophyllienne ;

Si le NDVI = [-1, 0[, l'espace est fortement humide ;

Si le NDVI = 0, le sol est nu ou bâti.

De tout cela, cet indice nous a aidé à analyser la dynamique du couvert végétal de notre zone d'étude.

Dans notre travail de recherche, pour bien faciliter l'interprétation des images, une combinaison linéaire d'images (Rouge/Vert/Bleu) des bandes 2-3-4 pour l'image de Landsat 5 et 3-4-5 pour Landsat 8 a été utilisée pour identifier les différentes formes d'occupation du sol et la composition colorée qui permet de produire des images en couleurs en tenant compte de la signature spectrale des objets.

Dans notre travail, nous avons identifié quatre classes d'occupation du sol sur les quatre images retenues. Il s'agit de : terres boisées, sol nu et bâtis, champs de cultures, et champs en jachère.

Pour évaluer la qualité de la classification et la vectorisation des 4 images Landsat TM (Thematic Mapper) des scènes 172/062 et de l'image Landsat 8 OLI des mêmes scènes voir le tableau 4, on a réalisé la technique du maximum de ressemblance.

Ainsi, pour chaque classification, nous avons calculé la précision globale de la classification par le biais des matrices de confusion, le coefficient Kappa, les erreurs de commission et d'omission. Pour déterminer l'occupation du sol et sa dynamique rétrospective, quatre images Landsat ont été utilisées. De format GéoTif, elles ont été orthorectifiées et projetées au système UTM, WGS 84, zone 35 Sud et ont été obtenues chez USGS-GloVis (http://glovis.usgs.gov/.)

Enfin pour réaliser les cartes d'occupation du sol de notre zone d'intervention, nous avons suivi plusieurs étapes :

Composition colorée fausse couleur : Dans le cadre de cette étude trois bandes sont combinées, chacune associée à une des trois couleurs primaires (le rouge, le vert et le bleu : RVB). Ainsi, la composition colorée en fausse couleurs avec la combinaison des bandes 2, 3, 4 pour les images TM et 3, 4, 5 pour l'image OLI / TIRS a été utilisée ;

Amélioration du contraste : le rehaussement de l'image est indispensable pour une bonne visualisation et interprétation de l'image. Pour bien le faire, le regroupement des bandes ou l'opération stacking est nécessaire dans le but de faire le redimensionnement de la taille des pixels afin que ces images soient superposables ; fusion (merge) de la zone d'étude : comme notre zone d'intérêt se trouve dans le path raw 172-062 et 172-063 pour les images TM+, nous avons fait la fusion de ces images ; extraction (subsetting) de la zone d'étude : nous

avons découpé notre zone d'intérêt en utilisant une couche vecteur de notre zone d'étude utilisée comme masque.

Les données vecteurs que nous avons utilisées pour confectionner cette couche ont été fournies par une institution de l'Etat appelée IGEBU. Cette opération a été réalisée sous l'extension SCP de QGIS 3.18 et a consisté à sélectionner et à extraire la portion de l'image couvrant uniquement le secteur d'étude en superposant le vecteur du secteur d'étude à l'image de la scène prétraitée ;

Superposition des cartes aux images Google Earth : Les différentes cartes d'occupation du sol réalisées ont été vectorisées et importées pour être superposées aux images de haute résolution obtenues à partir de Google Earth pro ; classification : La méthode de classification supervisée et non supervisée selon l'algorithme du maximum de vraisemblance a été utilisée sous l'extension de SCP de QGIS 3.18 ; validation de la classification.

III.3.3. Constitution du SIG et de la base de données

La vectorisation et la rastérisation sous QGIS 3.18 nous ont permis de disposer des ensembles homogènes d'unités d'occupations des terres et leur enregistrement dans un SIG. Les fichiers ainsi obtenus nous ont servi des données pour confectionner les différentes cartes thématiques.

III.3.4. Visites de terrain

L'enquête sur le terrain s'est faite sur les champs de cultures, les champs en jachère, les terres boisées et les sols nus et bâtis depuis la période de Janvier à Août 2023. Cette descente sur le terrain avait deux fins. La première visite avait eu un objectif de la collecte des données secondaires disponibles dans les différents services de l'environnement, l'agriculture, de l'élevage et de l'administration compétente de notre zone d'intérêt. La deuxième était de collecter les données de vérités-terrain à l'aide d'un GPS. Cette visite a consisté à identifier les points de contrôle-terrain c'est-à-dire relever les coordonnées géographiques et les intégrer dans le QGIS afin de confronter les images à la réalité du terrain.

Pour faciliter l'inventaire des points de contrôle-terrain, le choix d'une unité d'enquête de 36 hectares c'est-à-dire 600 m X 600 m (Pastorelli, 1986 p.8) a inspiré notre recherche. Notons que 947 segments de 36 hectares chacun ont été collectés. Pratiquement, chaque segment est constitué par quatre points.

De ce fait, en utilisant un GPS, nous avons relevé 3788 points, à raison 720 points pour les champs en jachère, 1924 points pour les champs de cultures, 420 points pour les terres boisées et 1084 points pour les sols nus et bâtis dans le cadre d'identifier les différentes catégories de transitions entre les différents types d'éléments.

Grâce à ces activités de terrain, les dernières classifications supervisées des images ont été réalisées dans le but d'apporter des corrections cartographiques et affiner les statistiques associées.

III.3.5. Justification de relevés de points terrain pour la classification supervisée

Comme la zone d'étude est caractérisée par des paysages assez hétérogènes, la détection des différentes catégories d'occupation du sol à partir des seules images satellitaires reste difficile. C'est pourquoi il est nécessaire de s'appuyer sur des données du terrain.

III.4. Analyse des données

Lors de l'analyse statistique sur l'évolution de la population et les zones cultivées, nous avons fait recours aux données socio-économiques et statistiques collectées et saisies sous Microsoft Excel 2013 afin d'identifier les causes de la dégradation des unités d'occupation des terres. D'autres analyses spatiales ont été effectuées sous le logiciel QGIS 3.18 afin de comparer les superficies et les pourcentages des différentes unités depuis 2000 à 2022.

III.4.1. Données utilisées

Notre travail de recherche a mobilisé les données qui sont variées ci-après : les images satellitaires Landsat, les données démographiques de 2000, 2008, 2015 et de 2022 et les données issues de l'enquête de terrain. Le choix des dates de ces images satellitaires TM et OLI / TIRS est guidé par la qualité et la disponibilité pour éviter les différences d'activités chlorophylliennes des plantes car pour étudier les enjeux de la croissance démographique sur la dynamique des terres, l'usage des images de différentes dates et de même saison s'avère nécessaire. Ce qui nous a poussé à utiliser ces images est qu'elles sont disponibles sur le site internet htt// glovis.usgs.gov et ont la particularité d'être géoréférencées dans le système de projection UTM zone 35 Sud, WGS 84 et dans le Système de référence mondial (WRS) où notre zone d'étude se trouve. En effet, les images provenant du Landsat « Global Land Survey » (GLS) du United States Geological Survey (USGS) fournissent des informations utiles pour le travail de la classification et l'interprétation des images (Gutman et al., 2008).

Concernant les données démographiques et agricoles, elles sont issues du Recensement Général de la Population et de l'Habitat de 2008 et des enquêtes de l'administration communale de 2000, 2015 et 2021 avec une population respective de 50935, 63186, 86968 et 112786 habitants.

On ne peut pas aussi terminer d'établir toutes ces données utilisées sans parler les données socio-économiques collectées chez l'agronome communal et le Directeur Provincial de l'Environnement, de l'Agriculture et de l'Elevage.

Tableau 7 : Images Landsat utilisées

Satellite	Capteur	Scène (Path-Row)	Date	**Source**
Landsat 5	TM+C2L2	172-062	19/8/2000	USGS
Landsat 5	TM+C2L2	172-063	19/8/2000	USGS
Landsat 5	TM+C2L2	172-062	26/9/2008	USGS
Landsat 5	TM+C2L2	172-063	26/9/2008	USGS
Landsat 8-9	OLI/TIRS C2L2	172-062	29/8/2015	USGS
Landsat 8-9	OLI/TIRS C2L2	172-062	23/7/2022	USGS

Tableau 8 : Capteur TM

Bande	**Bande spectrale**	**Résolution**	**Utilisation**
1	0,45 - 0,515 µm (bleu)	30 m x 30 m	Différenciation sol / végétaux, zones côtières
2	0,525 - 0,605 (vert)	30 m x 30 m	Végétation
3	0,63 - 0,69 µm (rouge)	30 m x 30 m	Différenciation des espèces végétales
4	0,75 - 0,90 µm (proche IR)	30 m x 30 m	Biomasse
5	1,55 - 1,75 µm (SWIR)	30 m x 30 m	Différenciation neige/nuage
6	10,4 - 12,5 µm (TIR)	60 m x 60 m	Thermique
7	2,09 - 2,35 µm (SWIR)	30 m x 30 m	Lithologie

Source : http://eoedu.belspo.be/fr/satellites/landsat.htm le 12/3/2023 à 18h30

Tableau 9 : Capteur OLI -TIRS

Bande	**Bande spectrale**	**Résolution**	**Domaine**
1	0,43 - 0,45 µm	30 m x 30 m	Visible
2	0,45 - 0,51	30 m x 30 m	Visible
3	0,53 - 0,59 µm	30 m x 30 m	Visible
4	0,64 - 0,67 µm	30 m x 30 m	Rouge
5	0,85 - 0,88 µm	30 m x 30 m	Proche Infrarouge (PIR)
6	1,57 - 1,65 µm	30 m x 30 m	SWIR
7	2,11 - 2,29 µm	30 m x 30 m	SWIR2
PAN	0,50 - 0,68 µm	15 m x 15 m	Panchromatique
Cirrus	1,36 - 1,38 µm	30m x 30 m	

Source : http://eoedu.belspo.be/fr/satellites/landsat.htm le 12/3/2023 à 18h30

III.4.2. Justification du choix des images satellitaires

Les images satellitaires constituent un outil important dans la cartographie de l'occupation du sol ainsi que dans la planification et la gestion des ressources ; elles sont descriptives et apportent une information spatiale beaucoup plus importante par rapport aux autres sources d'information (Pouchin T., 2001 in Gueriniai M. et Ali., 2012). De ce fait ; une bonne qualité, une bonne résolution (spectrale, spatiale, temporelle et radiométrique) de 30 m x 30 m, et une faible nébulosité a été un des critères pour le choix des images couvrant notre zone d'étude. C'est pour cette raison que nous avons préféré utiliser les images de Landsat qui ont été prises pendant la période sèche (juillet et septembre) pour éviter la forte couverture nuageuse qui pourrait empêcher la vue sur la terre lors de la prise d'images. Le choix de ces images Landsat a été motivé par leur accès aussi bien gratuit.

Malgré les bons aspects de ces images, pour faire la cartographie et l'analyse des données fournies par ces images de Landsat, nous avons réalisé la correction géométrique car elles présentent des déformations et des distorsions dues à la prise de vue (ellipsoïde de la terre, variations du relief, les conditions d'illumination et défilement du satellite)

De plus, compte tenu des données sociodémographiques disponibles que nous avons recueillies dans les différentes institutions pour analyser les effets de la croissance démographique sur les terres disponibles ; nous avons préféré utiliser ces six images.

III.5. Techniques de collecte des données

Pour atteindre les objectifs fixés, trois techniques de collecte de données ont été mises en place : l'observation directe, la collecte des données secondaires et collecte par la télédétection et GPS. L'observation directe et la collecte des données secondaires ont permis de recueillir les données sur la croissance de la population alors que la collecte par la télédétection et GPS a permis de rassembler les données sur l'évolution de l'occupation du sol et l'état de la dégradation de l'environnement. De plus, l'enquête par télédétection nous a permis d'obtenir des informations globales cohérentes sur l'étendue et la dynamique de l'occupation du sol et de l'utilisation des terres entre 2000 et 2022 dans notre zone d'intérêt.

III.6. Echantillonnage

La méthode d'échantillonnage utilisée est celle du tirage systématique qui peut être considéré comme aléatoire (Desabie 1966 p.98). Pour éviter les erreurs de la présence des phénomènes périodiques dans le paysage, nous avons fait recours à un tirage systématique non aligné appelé tirage systématique et aléatoire (Fournier 1986 pp.7-8).

Notons que, pour faciliter une bonne localisation des pixels sur le terrain, nous avons tiré des surfaces et non des points (Fournier 1985 pp. 7-9) ce qui nous a obligé de réaliser un tirage en grappe. Cette surface enquêtée, appelée segment, est un carré de taille de 36 hectares (600 m x 600 m).

Le choix des points de contrôle-terrain s'est fait sur base de la formule de Pastorelli (1986 p.8). A l'aide d'un GPS, nous avons pu identifier le nombre de points de contrôle-terrain selon l'échantillon choisi.

Les activités de terrain se sont déroulées dans la période de janvier à Août 2023 et ont porté sur un échantillon de 3788 points de contrôle-terrain.

III.7. Traitement des données

Le présent point consiste à dévoiler une méthodologie utilisée lors du traitement des données (démographiques et cartographiques) et l'analyse statistique de la dynamique de l'occupation des terres. Ces traitements ont pour but d'évaluer des effets de la croissance démographique sur les terres cultivables et constructibles.

III.7.1. Traitement des données cartographiques

Grâce à l'interprétation de 4 images Landsat : 2000, 2008, 2015 et de 2022, l'analyse de la dynamique de l'occupation des terres a été facile. La résolution spatiale de ces images est de 30 m x 30 m, de projection UTM zone 35 Sud avec ellipsoïde de référence WGS 84. Ainsi, les cartes d'occupation du sol de 2000, 2008, 2015 et de 2022 ont été réalisées à partir des images Landsat 7 TM+C2L1 de 2000 et 2008 et Landsat 8-9 OLI / TIRS C2L2 de 2015 et 2022. Elles ont servi pour l'étude des différentes unités de la dynamique de notre zone d'intérêt. Pour apprécier l'évolution de l'occupation du sol, on a calculé les taux de changements d'occupation des terres et du sol des différentes unités c'est-à-dire le rythme de l'évolution des terres et du sol de notre zone d'intervention ente 2000 et 2022.

Pour évaluer la dynamique de notre zone d'intervention de 2000 à 2022, le traitement des images satellitaires Lansdat de 2000, 2008, 2015 et 2022 est réalisé sur QGIS 3.18 en vue de déterminer l'occupation et l'utilisation du sol en ces années. La conception des cartes de notre zone d'intérêt est faite sur QGIS 3.18. La dynamique d'occupation du sol obtenue a été déterminée par comparaison des superficies d'une année à l'autre.

Pour étudier l'évolution de la dynamique de l'occupation des terres, une formule de Oloukoï J.et al. (2007) a été utilisée : TV (%) $= \left(\frac{S_2}{S_1} - 1\right) X100$ avec TV le taux de variation des superficies, S_2 la superficie d'une unité d'occupation du sol de l'année t0, S_1 la superficie de la même unité d'occupation du sol de l'année t1.

De plus, la formule du taux d'évolution (Ta) d'une unité d'occupation donnée entre deux années X et Y (Arouna, 2012) a été utilisée dans ce présent travail où Ta= $[((SY - SX)/SX) * 100]/I$ Où, SX = superficie d'une unité d'occupation en année X, SY = superficie de la même unité d'occupation en année Y, et I = nombre d'années entre les années X et Y.

Par ailleurs, le rythme de conversion des formes d'utilisation des terres (Da) d'une année à une autre a été appliqué aux données suivant une formule simplifiée suivante : $Da = (T2 - T1)/n$ Ou Da = donnée d'activités (ha/an) T2 = la superficie d'une unité au temps T2, T1 = superficie d'une unité au temps T_1, et n = nombre d'années entre T2 et T1. La variation de la superficie d'une unité entre deux dates (années) données ($\Delta T = T2 - T1$)) permet d'apprécier le sens d'évolution entre les deux dates : Si $\Delta T = 0$, on conclut qu'il y a stabilité ; Si $\Delta T < 0$, on conclut qu'il y a diminution de cette unité ; Si $\Delta T > 0$, il y a extension de cette unité.

Pour faire les bilans d'évolution des différentes unités d'occupation du sol entre 2000 et 2008, entre 2000 et 2015, entre 2000 et 2022, entre 2008 et 2015, entre 2008 et 2022 et entre 2015 et 2022 nous avons fait recours à cette formule.

III.7.2. Traitement des données démographiques

III.7.2.1. Corrélation entre les variables

Pour démontrer que la croissance démographique a des effets sur la superficie limitée, nous avons utilisé la formule du coefficient de corrélation linéaire de Bravais-Pearson. En effet, on a réalisé des droites de régression afin de montrer l'allure de la dynamique de l'occupation des terres.

Pour étudier la corrélation qui se trouve entre la superficie des terres occupées et la croissance de la population, il est nécessaire de calculer la variance et la covariance et par après calculer la droite de régression. Pour savoir si il y a eu une régression des terres non cultivées, nous avons calculé la droite de régression de x en y (y = á x +b´) et la droite de régression de y en x (y = a x + b) avec $a = \frac{\text{cov (x,y)}}{\text{var(x)}}$ et b = ȳ - a x´, á $= \frac{\text{cov(x,y)}}{\text{var(y)}}$ et b´= x´- á ȳ ou x´= moyenne des x et ȳ= moyenne des y.

La formule du coefficient de corrélation est la suivante : $r = \frac{COV\ xy}{\delta x X \delta y}$ Avec r = coefficient de corrélation $COV\ xy$ = covariance de x et y ; x = variable de l'effectif de la population ; y = variable de la superficie des unités d'occupation du sol ; δx = écart-type de x ; δy = écart-type de y et X = un signe de multiplication.

Si 0,67 <r< 1, alors il existe une forte corrélation linéaire entre les deux variables ;

si 0,33 <r< 0,67, alors il existe une corrélation raisonnable ou moyenne entre les deux variables ;

si 0 <r< 0,33, alors il existe une faible corrélation ou aucune corrélation entre les deux variables, elles sont alors indépendantes ;

si r < 0, les deux caractères évoluent mais en sens inverse ;

si r > 0, les deux caractères évoluent dans le même sens ;

si r = 0, les deux caractères n'ont pas de corrélation linéaire, mais il peut exister d'autres corrélations ou liaisons.

III.7.2.2. Calcul du taux d'accroissement de la population

Les données démographiques de 2000,2008, 2015 et 2022 (Etat-civil de Butaganzwa et ISTEEBU, 2023) nous ont permis d'analyser la dynamique de la population de notre zone d'intervention tout en utilisant la formule suivante : TAD = (Pt-Pi) / (Pn x t)

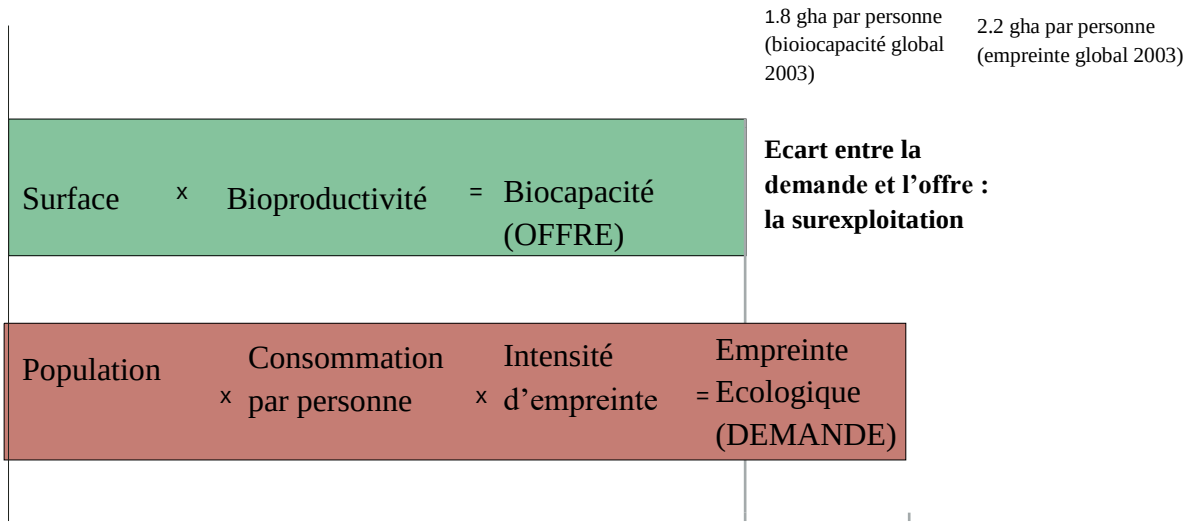
Avec, TAD : Taux d'accroissement démographique ; Pt : Population à la date t ; Pi : population à la date initiale ; t : durée ; Pn : (Pt+Pi) / 2.

III.7.2.3. Capacité de charge et empreinte écologique

En 1996, Mathis Wackernagel et William Rees dans son livre *Our ecological footprint: reducing human impact on earth* ont essayé de mettre à la portée de tout le monde une formule pour calculer la bio-capacité et l'empreinte écologique.

En effet, si l'empreinte écologique des habitants est supérieure à leur bio-capacité, on parle de déficit écologique (dépassement écologique) et si l'empreinte écologique des habitants est inférieure à leur bio-capacité, on parle de réserve écologique (coussin de bio-capacité).

La bio-capacité est la surface biologiquement productive dont dispose un pays. Elle est calculée pour les 5 types d'usage de terres : terres cultivées, pâturages, forêt, pêcheries (mer et eau douce) et terres artificialisées. Bio-capacité (gha) = superficie productive (ha) x facteur d'équivalence (gha/ha) x facteur de rendement.



Source : WWF rapport planète vivante 2006

De cette conception de WWF (2006), pour arriver à nos résultats, nous avons calculé la consommation par personne par an, l'intensité d'empreinte et la bioproductivité en utilisant les formules qui ont été fournies par Mathis Wackernagel et William Rees en 1996.

III.7.3. Analyse statistique de la dynamique de l'occupation des terres

A l'aide des images Landsat TM (Thematic Mapper) acquises le 23 Juillet 2000 et une image Landsat 8 OLI (Opérationnal Land Imager) du 19 Août 2022, d'une résolution de 30m x30m, nous avons déterminé la dynamique de l'occupation du sol. Ces images ont été géo-référencées en utilisant un polynôme de premier degré du système UTM (Universal Transverse Mercator) zone 35 Sud. Des données de référence sur l'occupation du sol ont été collectées lors de la visite de terrain effectuée dans la zone d'intervention depuis Mai 2022 à Août 2023.

III.7.3.1. Matrice de transition

Cette matrice permet d'expliciter les différentes évolutions de l'occupation et d'utilisation du sol de la zone d'étude. Pour calculer ces états d'évolution de l'occupation et d'utilisation des terres, nous avons utilisé le croisement des images satellitaires de Landsat de 2000, 2008, 2015 et de 2022 à l'aide de l'extension « group stats » et « accuracy assessment » de QGIS 3.18

III.7.3.2. Calcul des Taux moyens annuels d'expansion spatiale (T)

Selon Bernier (1992), le taux moyen annuel d'expansion spatiale exprime la proportion de chaque unité d'occupation des terres qui change annuellement. Grâce à lui, on peut calculer ces taux à l'aide de la formule suivante :

T = *[(lnS2 - lnS1) / ((t2 - t1) × ln e)*] × 100 où *S1* et *S2* : Superficie d'une unité paysagère à la date *t1* et *t2* respectivement ; *t2 – t1* : Nombre d'années d'évolution ; *ln* : Logarithme népérien; *e* : Base du logarithme népérien (e = 2,7).

Si T = 0, on conclut qu'il y a stabilité de cette catégorie d'occupation du sol ;

Si T< 0, on conclut qu'il y a régression de cette catégorie ;

Si T > 0, il y a extension ou expansion de cette catégorie.

III.7.3.3. Calcul de la vitesse de la dynamique de l'occupation des terres

Pour identifier la vitesse de la dynamique de l'occupation des terres de notre zone d'intérêt, la formule suivante nous a été importante dans la réalisation de notre travail : $\Delta S = \frac{SP_2 - SP_1}{t_2 - t_1}$ Où : Δ s = Vitesse de variation (extension ou régression en ha/an) ; *SP1* = Superficie occupée par l'unité d'occupation considérée au cours de l'année 1 (ha) ; *SP2* = Superficie occupée par l'unité d'occupation considérée au cours de l'année 2 (ha) ; *t1* = année 1 ; *t2* = année 2.

III.7.3.4. Calcul de l'Indice Agro-démographique des Terres (IAT)

L'Indice Agro-démographique des Terres est un indicateur d'appréciation du niveau de pression sur les terres cultivables d'une localité. Cet indice est calculé suivant la formule: $\text{IAT} = \frac{\text{SEC}}{\text{CCT}}$, avec SEC, la Superficie totale de l'Espace Considéré et CCT, la Capacité de Charge Agro - démographique des Terres. Cette capacité est obtenue par le rapport entre les actifs agricoles et la superficie moyenne emblavée. Si :

IAT< 0,5 ha/hbt, alors l'espace est sous forte pression (très menacé)

0,5 ha/hbt < IAT < 1 ha/hbt, alors l'espace est sous moyenne pression (moyennement menacé);

IAT > 7 ha/hbt, alors l'espace est sous faible pression (non menacé).

III.7.3.5. Analyse de l'intensité des effets de la croissance démographique sur les terres

Pour notre travail de recherche, l'analyse de l'intensité de la croissance démographique a été possible grâce aux matrices de transition obtenues pour les intervalles de temps 2000-2008, 2008-2015 et 2015-2022. Les graphiques obtenus présentent l'intensité et la vitesse de changement des unités d'occupation des terres selon les intervalles de temps et entre chaque catégorie d'occupation des terres. Il en est de même pour les pertes et gains survenus lors des transitions entre catégories d'occupation.

III.7.3.6. Taux de conversion

Le taux de conversion a été apprécié à partir de la comparaison de la superficie des unités d'occupation du sol des différentes années. Ce taux permet de montrer les différentes formes de changements d'occupation du sol entre deux années. Il a été calculé à partir de la matrice de transition (FAO, 1999) suivant la formule : $\mathrm{Tc} = \frac{Rt-Rs}{Rt} X100$ avec, *Tc : taux de conversion ; Rt : Superficie à la date initiale t et Rs : Superficie demeurée stable à la date t*

III.7.3.7. Taux de dégradation

Le taux de dégradation a été calculé à partir des données de superficies de la végétation en utilisant la formule décrite par la FAO (1999) utilisée par Hadjadj, M. F. (2011). Ce taux de dégradation Td est exprimé en pourcentage de superficie/an suivant la formule :

Td = [(1-(1-((A1-A2)/A1))(1/t)]×100 **;** avec Td : le taux de dégradation ; A1 et A2 : les superficies initiales et finales des unités d'occupation du sol et t : l'intervalle de temps dans lequel l'on veut évaluer la dynamique de l'occupation des terres.

III.7.3.8. Taux de déforestation

La formule ci-dessous proposée par Puyravaud J. (2003) a été adoptée dans cette étude pour calculer le taux de déforestation annuelle

$\Phi = -1/(t_2-t_1) \ln A_2/A_1 \times 100$ Où : Φ= taux de déforestation t_1 = date d'acquisition des images pour l'année initiale ; t_2 = date d'acquisition des images pour l'année finale ; A_1= Surface forestière de l'année initiale ; A_2 = Surface forestière de l'année finale.

III.7.3.9. Calcul du taux d'évolution

La dynamique de chaque catégorie d'occupation a été calculée en utilisant la formule de WWF (2022) pour calculer le taux d'évolution (E) des superficies d'occupation du sol qui est libérée comme suit : $E = \frac{S\, t_2 - St_1}{St_1}$ avec St_1 = Superficie de l'année initiale ; St_2 = Superficie de l'année finale

En effet, il permet d'apprécier l'évolution des différentes catégories d'occupation du sol entre deux périodes.

Si E = 0, on conclut qu'il y a stabilité de cette catégorie d'occupation du sol ;

Si E< 0, on conclut qu'il y a régression de cette catégorie ;

Si E > 0, il y a extension ou évolution de cette catégorie.

III.8. Difficultés rencontrées et limites de l'étude

Le traitement des images Landsat et la collecte des données vérités -terrain ne nous ont pas été faciles du fait qu'on a découvert des confusions mineures entre les terres boisées et les champs de cultures ce qui nous a obligé d'aller sur terrain pour voir la signature spectrale observée à cet endroit. En effet, le problème de trouver un GPS à très haute résolution qui n'utilise pas une connexion internet nous a été un problème de collecte des points de contrôle-terrain. Pour ce, nous avons été obligé d'utiliser un téléphone de modèle Z6252CA (version android 11) qui a un GPS de haute résolution (2 m x 2 m) appelé mes coordonnées (version 6.11) pour détecter les différents points de contrôle-terrain. De plus, du fait que toute la zone d'étude n'a pas été dotée de tous les réseaux (Lumitel et Econet Leo) lors de la collecte des points de contrôle-terrain, nous avons fait recours au changement d'une carte Sim de notre téléphone afin de bien trouver les vraies coordonnées de la signature spectrale. En effet, la classification nous a donc coûté chère en terme de temps et de moyens que nous n'avons pas.

Lors des téléchargements des images satellitaires, il était très difficile de trouver des images qui ont un taux de couverture nuageuse très faible et une très haute résolution ce qui nous a obligé de prendre plusieurs images de même année pour trouver une image de bonne qualité et résolution.

Pour valider la classification des images obtenues, il était très difficile de contrôler certains points sur le terrain à cause de l'inaccessibilité de certaines zones. En effet, nous étions obligés de contourner les champs de cultures et des zones à pente escarpée ce qui a augmenté le temps pour accéder à ces points de vérités-terrain. Dans le même ordre d'idées, comme nous avons passé dans des zones de champs de cultures et forêts, les habits étaient crottés jusqu' à craindre même de passer dans la rue.

Conclusion du troisième chapitre

Pour notre travail de recherche, l'analyse de l'intensité de la croissance démographique a été possible grâce aux différentes formules utilisées pour évaluer la transition de notre zone de travail. En effet, ces formules nous ont aidées à présenter l'intensité et la vitesse de changement des unités d'occupation des terres selon les intervalles de temps et entre chaque catégorie d'occupation des terres. Il en est de même pour les pertes et gains survenus lors des transitions entre catégories d'occupation.

CHAPITRE IV. PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

Le présent chapitre vise à présenter et à discuter sur les résultats de l'analyse des images satellitaires et des données secondaires tout en s'appuyant sur une analyse comparative des travaux antérieurs dans le but de vérifier les hypothèses fixées dans notre travail de recherche.

IV.1. Présentation des résultats

Le présent point a joué le rôle de présenter les analyses faites lors de la conduite du présent travail notamment dans le traitement des données que ça soit les données statistiques, démographiques ou cartographiques.

IV.1.1. Traitement des données cartographiques

Le traitement des images satellitaires tout en se référant à l'indice de Kappa de Cohen nous a permis la validation de ces données cartographiques. Même si il est contesté aujourd'hui (Pontius et Millones, 2011), l'évaluation et la validation des résultats obtenus lors de la classification supervisée d'images pour réaliser les cartes d'occupation du sol n'ont pas trouvé un autre indice qui pourrait le commuter. En effet, l'analyse de ces images satellitaires nous a conduits à élaborer un tableau qui montre l'évolution de la superficie des différentes catégories d'occupation du sol.

Tableau 10 : Evolution de la superficie des différentes catégories d'occupation du sol

Catégories d'occupation	Année 2000	Année 2008	Année 2015	Année 2022	T.O 2000 en %	T.O 2008 en %	T.O 20015 en %	T.O 2022 en %
Champs en jachère	90.5705	80.8641	56.6065	32.4474	27	24	17	10
Champs de cultures	126.1221	129.8997	150.4142	173.2308	37	38	44	51
Terres boisées	70.1180	67.0698	39.9331	37.7083	21	20	12	11
Sols nus et bâtis	54.1701	63.1471	94.0269	97.7083	16	19	28	29
total	340.9807	340.9807	340.9807	340.9807	100	100	100	100

***Source** : Traitement des images Landsat, 2000 ; 2008 ; 2015 et 2022*

Légende : T.O = taux d'occupation du sol

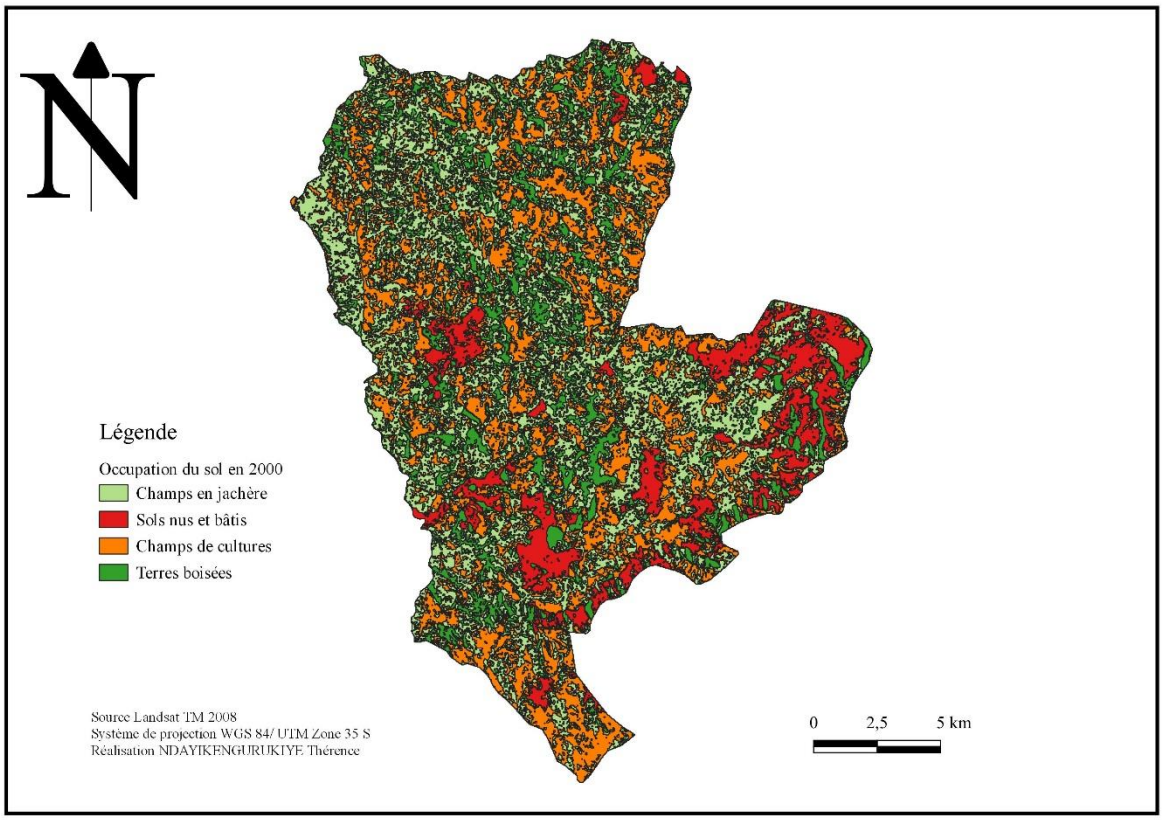
Ce tableau nous montre que les champs de cultures et les sols nus et bâtis profitent les champs en jachère et les terres boisées d'année en année.

A partir des images satellitaires (2000, 2008, 2015 ,2022), nous avons élaboré des différentes cartes d'occupation du sol selon leurs années.

1. Analyse de l'image satellitaire de 2000

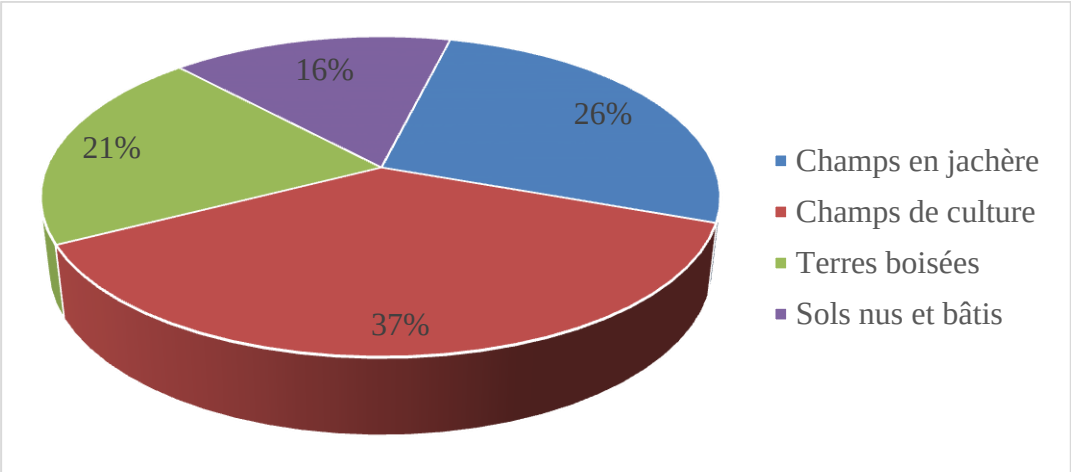
Lors de l'analyse de l'image satellitaire de Landsat de 2000, nous avons eu une occasion d'avoir une carte qui montre l'occupation du sol de 2000.

Figure 2 : Carte d'occupation du sol de la commune Butaganzwa en 2000



Les statistiques issues de cette carte ont permis de présenter les proportions de chaque catégorie d'occupation du sol.

Figure 3 : Etat de l'occupation du sol en 2000



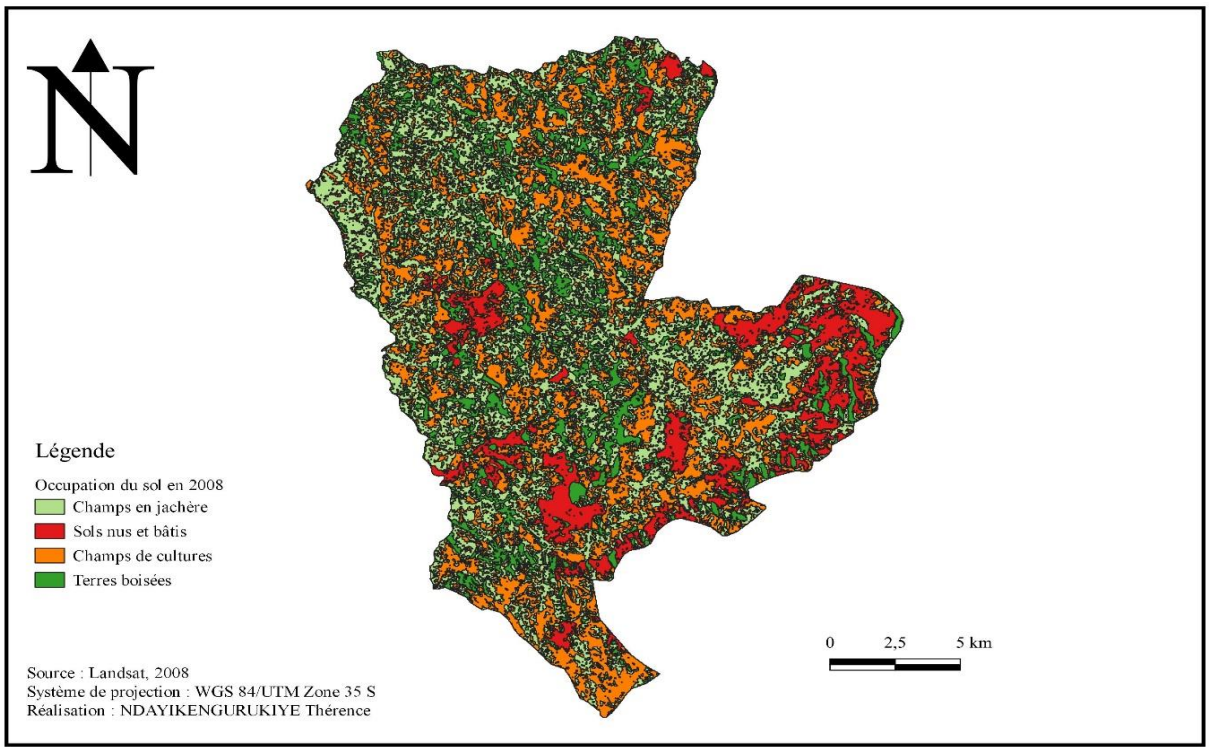
***Source** : Traitement de l'image Landsat, 2000*

L'analyse de cette figure montre que 37 % de la superficie de notre zone d'étude était occupée par des champs en jachère suivi par les champs de cultures ce qui a réduit les autres catégories d'occupation du sol avec un taux de 16 % pour sols nus et bâtis et 21 % pour les terres boisées. De tout cela, on peut conclure que les terres utilisées ne peuvent pas dépasser 53 % de la superficie de la zone d'étude.

2. Analyse de l'image satellitaire de 2008

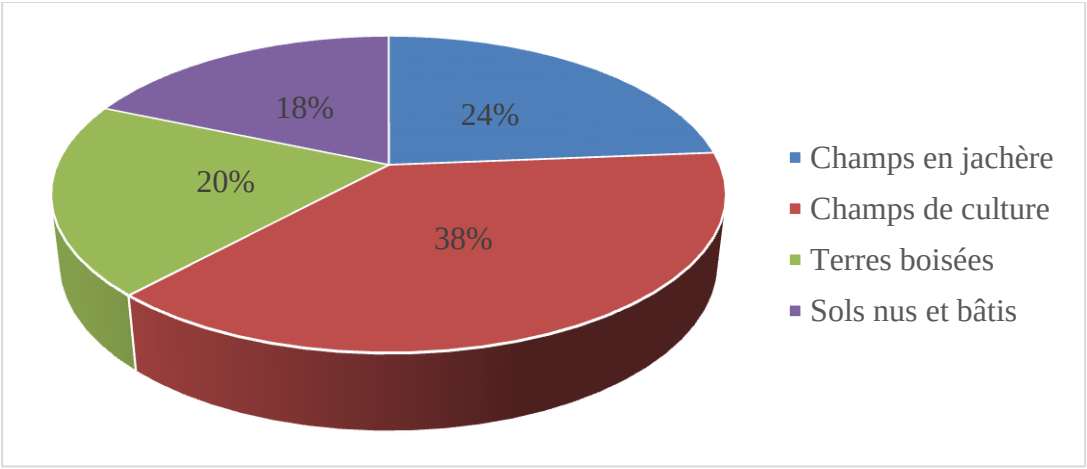
Lors de l'analyse de l'image satellitaire de Landsat de 2008, nous avons eu une occasion d'avoir une carte qui montre l'occupation du sol de 2008.

Figure 4 : Carte d'occupation du sol de la commune Butaganzwa en 2008



Les statistiques issues de cette carte nous ont permis de présenter les proportions de chaque catégorie d'occupation du sol.

Figure 5 : Etat de l'occupation du sol en 2008



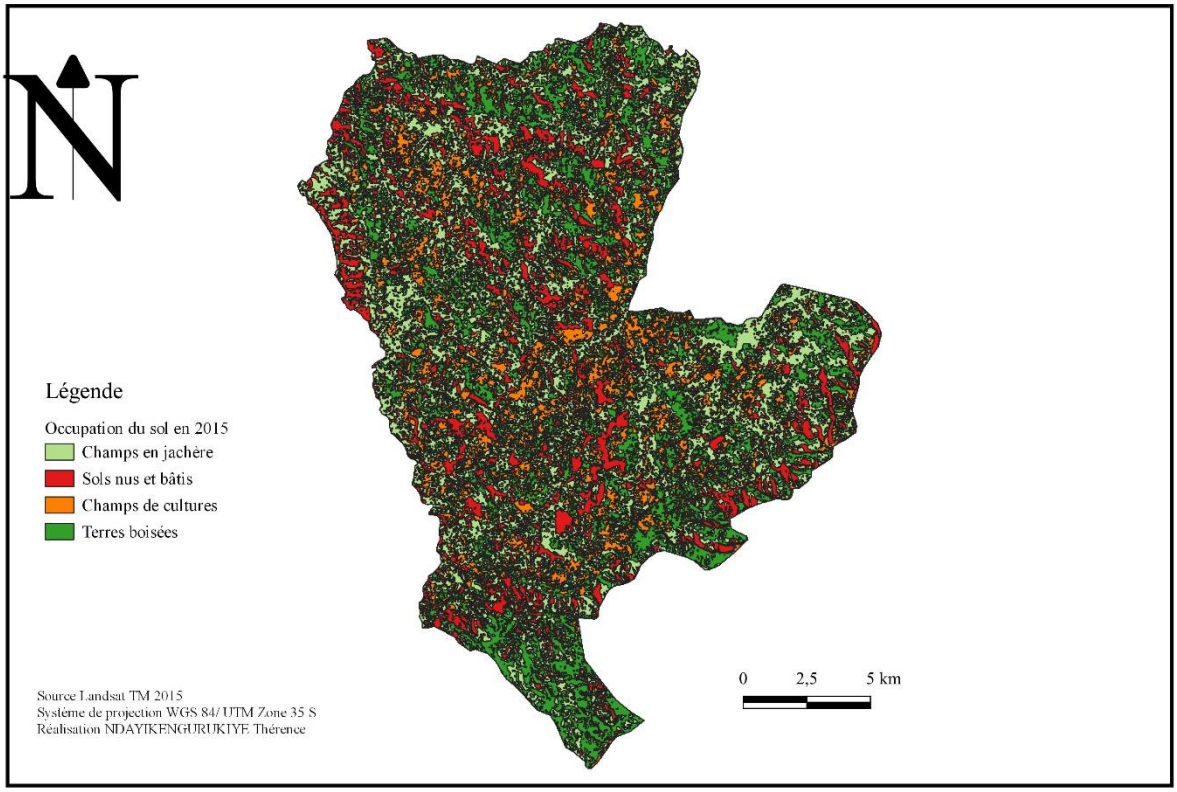
***Source** : Traitement de l'image Landsat, 2008*

L'interprétation de cette figure nous indique que 38 % de la superficie de notre zone d'étude était occupée par des champs de cultures suivis par des champs en jachère. De plus, le taux d'occupation des terres utilisées dépasse 50 % (56,6%).

3. Analyse de l'image satellitaire de 2015

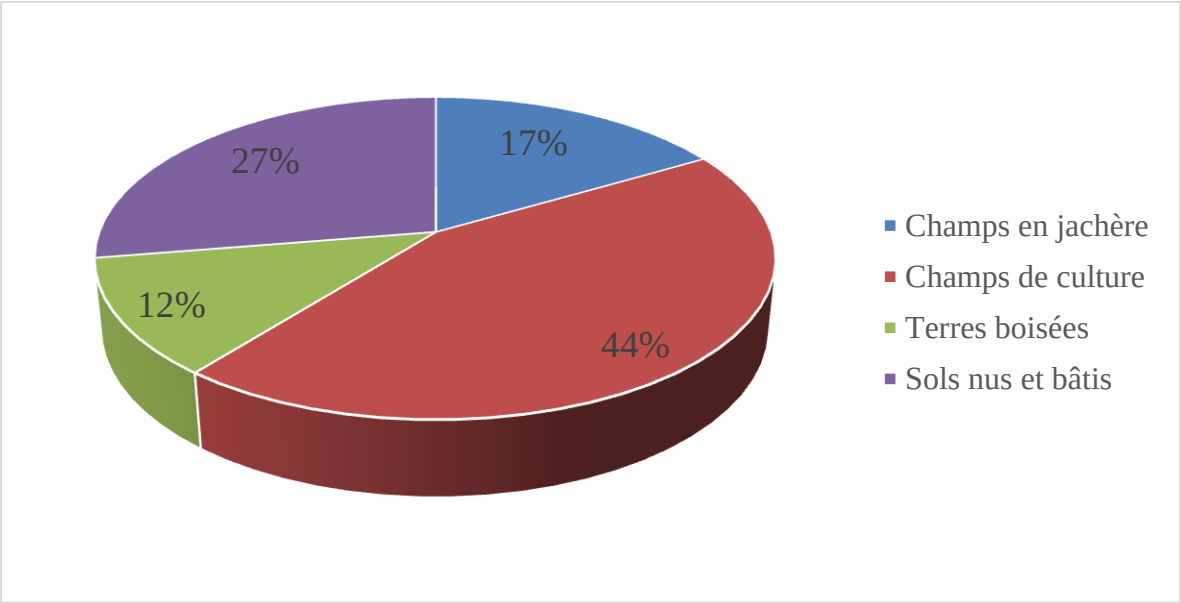
Lors de l'analyse de l'image satellitaire de Landsat de 2015, nous avons eu une occasion d'avoir une carte qui montre l'occupation du sol de 2015.

Figure 6 : Carte d'occupation du sol de la commune Butaganzwa en 2015



Les statistiques issues de cette carte nous ont permis de présenter les proportions de chaque catégorie d'occupation du sol.

Figure 7 : Etat d'occupation du sol en 2015



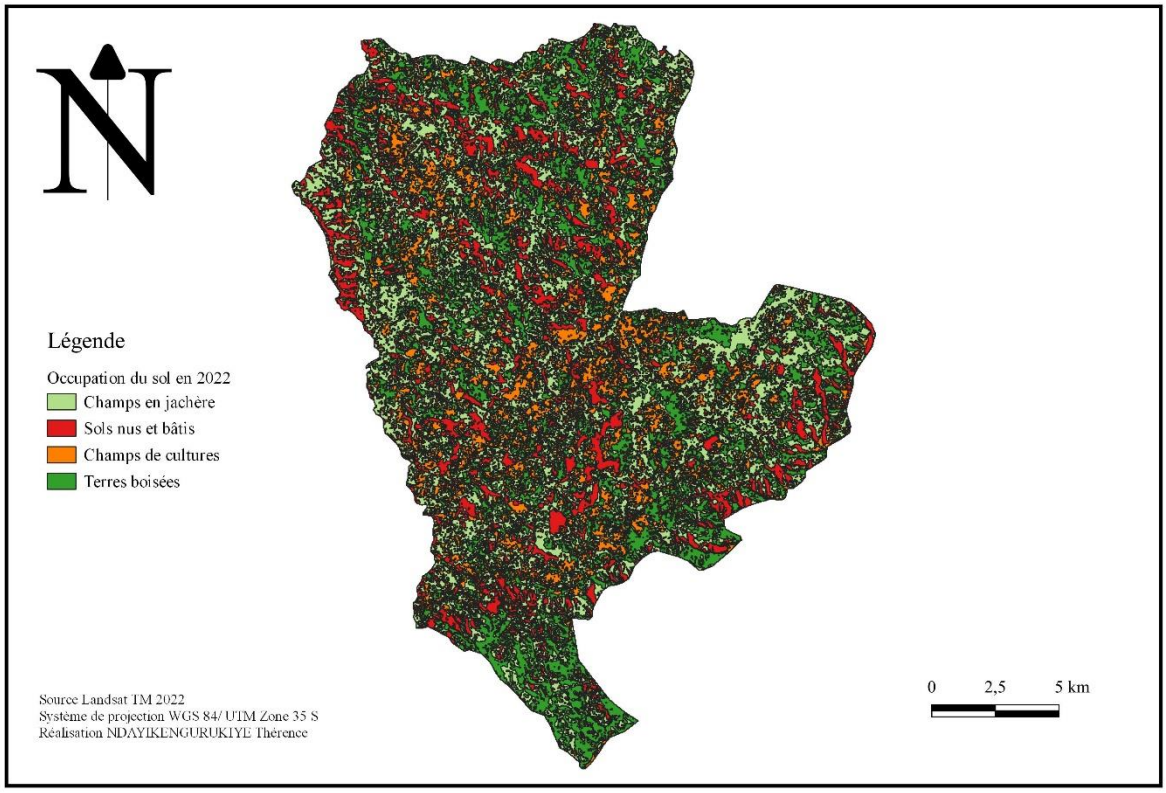
***Source** : Traitement de l'image Landsat, 2015*

L'examen nous révèle que 44 % de la superficie de notre zone d'intérêt est occupé par des champs de cultures suivis par des sols nus et bâtis avec un taux de 27 %. Pour ce, on peut affirmer que 71 % de la superficie de notre zone sont en utilisation et 29 % de cette superficie demeure non utiliser.

4. Analyse de l'image satellitaire de 2022

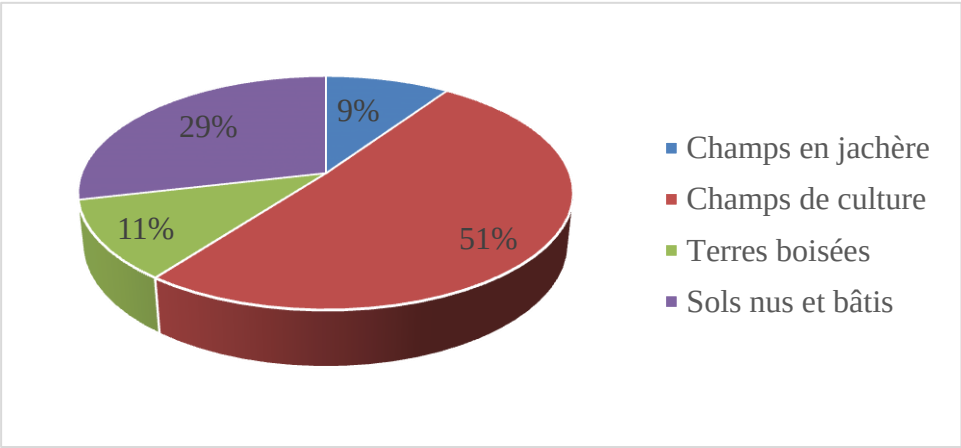
Lors de l'analyse de l'image satellitaire de Landsat de 2022, nous avons eu une occasion d'avoir une carte qui montre l'occupation du sol de 2022.

Figure 8 : Carte d'occupation du sol de la commune Butaganzwa en 2022



Les statistiques issues de cette carte nous ont permis de présenter les proportions de chaque catégorie d'occupation du sol.

Figure 9 : Etat d'occupation du sol en 2022



***Source** : Traitement de l'image Landsat, 2022*

L'étude de cette figure nous indique que plus de 50 % de la superficie de notre zone d'intervention sont occupés par les champs de cultures ce qui marginalise les autres catégories d'occupation du sol.

En effet, 80 % de la superficie de notre zone d'étude est en activité ce qui signifie que le reste de la superficie de cette zone ne compte que 20 %

Les résultats statistiques de l'interprétation des images satellitaires (2000, 2008, 2015, et 2022) indiquent qu'une profonde dynamique de l'occupation du sol a caractérisé le paysage de notre zone d'étude. En effet, on observe une progression nette des champs de cultures de 20 % entre 2000 et 2022. En considérant les terres utilisées de cette zone d'étude, on constate un taux de progression allant jusqu'à 33 % entre 2000 et 2022. Par contre, le taux de régression des terres non utilisées arrive même jusqu'à 56 % ce qui est énorme pour une zone qui a comme activité de base l'agriculture et l'élevage.

IV.1.2. Traitement des données démographiques

La dynamique de la population de notre zone d'intervention augmente de la même manière que celle des autres zones du pays d'année en année. Les données démographiques récoltées par l'Etat-civil de notre zone d'intervention indiquent que le nombre d'habitants de la commune est passé de 50 935 habitants en 2000 à 112 786 habitants en 2022, soit un taux d'accroissement annuel moyen de 3,43 % entre ces deux années.

Dans le même ordre d'idées, la population était estimée de 63186 habitants en 2008 soit un taux d'accroissement annuel moyen entre 2000 et 2008 de 21,47 %. Entre 2 000 et 2 015, l'Etat-civil a affirmé que la population était 81 188 habitants soit un taux d'accroissement annuel moyen de 45,79 %. En effet, nul ne doute que cette croissance a suscité une extension des champs de culture, des sols nus et bâtis et a engendré la réduction des terres boisées et des champs en jachère.

D'après les recherches faites en utilisant les images Landsat de 2000, 2008, 2015 et 2022, nous avons trouvé ce qui suit :

Tableau 11 : Evolution de la superficie par catégorie d'utilisation des terres de la zone d'étude de 2000 à 2022

classes / années	2000	2008	2015	2022
Champs en jachère en km^2	90.5705	80,8641	56.6065	32,4474
Champs de culture en km^2	126.1221	129,8997	150.4142	173,2308
Terres boisées en km^2	70.118	67,0698	39.9331	37,7083
Sols nus et bâtis en km^2	54.1701	63,1471	94.0269	97,5942
Total en km^2	340.9807	340,9807	340.9807	340,9807

***Source** : Traitement des images Landsat, 2000, 2008, 2015 et 2022*

Pour démontrer de façon brève que la croissance démographique a des effets sur la superficie limitée, il est utile de nous adosser à la formule du coefficient de corrélation linéaire de Bravais-Pearson. En effet, on ne peut pas étudier la corrélation qui se trouve entre la superficie des terres occupées et la croissance de la population sans calculer la variance et la covariance et par après calculer la droite de régression.

Pour bien le faire, nous avons préféré d'utiliser le tableau 12. Pour trouver les terres utilisées, nous avons additionné la superficie des champs de culture, les sols nus et bâtis alors que les terres non utilisées ont été confectionnées à partir des champs en jachère et les terres boisées.

Tableau 12 : Evolution de la superficie des terres utilisées et des terres non utilisées

Année	terres utilisées en km^2	terres non utilisées en km^2	population
2000	180.2922	160.6885	50935
2008	193,0468	147,9339	63186
2015	244.441	96.5396	81188
2022	270,8250	70,1557	112786

***Source** : Traitement des images Landsat, 2000 ; 2008 ; 2015 et 2022 ; données de l'Etat-civil*

De ce tableau, nous voyons que ; plus la population augmente, plus aussi les terres utilisées augmentent ce qui est contraire aux terres non utilisées. De tout cela, l'évolution de la population a contribué à l'augmentation de la superficie des terres utilisées et la transformation de la nature de ladite zone d'étude à la recherche de satisfaire leurs besoins.

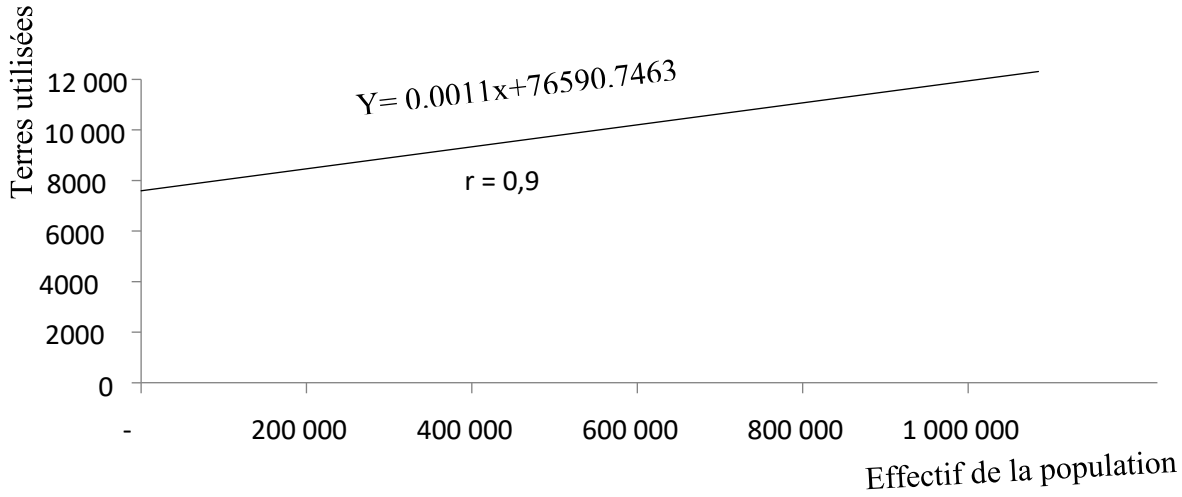
Pour démontrer cela, il est utile de calculer une corrélation qui existe entre l'évolution de la population et les terres utilisées. En effet, nous constatons que les terres utilisées ont une corrélation forte avec l'évolution de l'effectif de la population.

IV.1.2.1. Calcul de la corrélation entre l'évolution de la population et de l'occupation du sol

La corrélation entre l'évolution de l'occupation du sol (les terres utilisées et les terres non utilisées) et l'effectif de la population de 2000 à 2022 est une des conditions qui peut confirmer la relation qui existe entre la croissance démographique et la diminution des terres et des richesses.

Pour le démontrer, notre étude révèle que l'évolution de la population et la croissance des terres utilisées ont une corrélation significative (voir la figure 10).

Figure 10 : Evolution de la superficie des terres utilisées en fonction de l'effectif de la population de 2000 à 2022



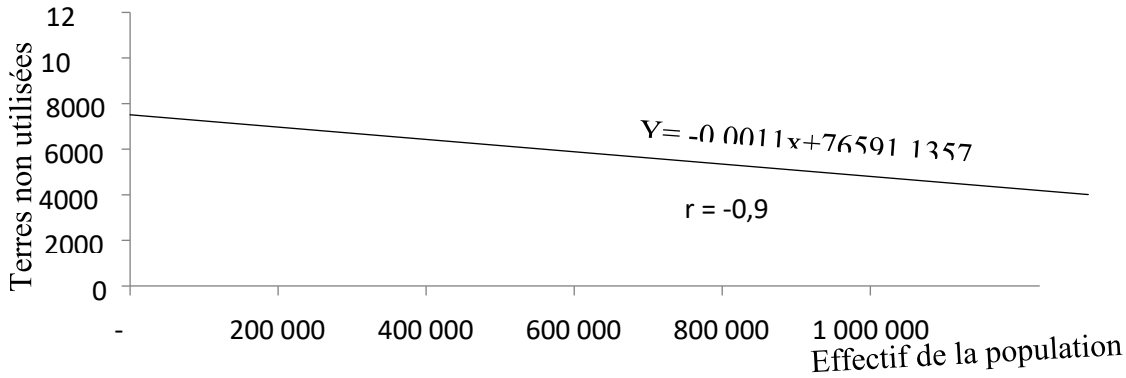
***Source** : Traitement des images Landsat, 2000, 2008, 2015 et 2022 ; données de l'Etat-civil de 2000-2022*

A la lecture de la figure 10, il existe une forte corrélation ($r = 0,90$; $0,67 < |r| < 1$) entre la superficie des terres utilisées et l'effectif de la population. Les deux variables évoluent dans le même sens c'est-à-dire qu'ils connaissent une progression à partir de 2000 à 2022.

De ce fait, les terres utilisées en forte expansion sont dues à la croissance démographique dans notre zone d'étude.

De plus, la corrélation qui existe entre les terres non utilisées et l'effectif de la population de 2000 à 2022 montre que la diminution des terres non utilisées est très liée à la croissance démographique de notre zone d'intérêt (voir figure 11).

Figure 11 : Evolution de la superficie des terres non utilisées en fonction de l'effectif de la population



***Source** : Traitement des images Landsat,2000, 2008, 2015 et 2022 ; données de l'Etat-civil de 2000-2022*

A la lecture de la figure précédente, il existe une forte corrélation (r = -0,90 ; r < 0) entre la superficie des terres utilisées et l'effectif de la population. Les deux variables évoluent dans le sens contraire ; c'est-à-dire qu'elles connaissent une régression à partir de 2000 à 2022. En effet, plus l'effectif de la population augmente plus aussi les terres non utilisées diminuent.

Pour les deux variables, le coefficient de corrélation nous affirme qu'il y a une forte corrélation c'est-à-dire que l'un est compris entre 0,6 et 1 et l'autre entre -0,9 et 0. Pour cela, on peut conclure que la superficie des terres utilisées et l'effectif de la population sont fortement corrélés. Dans ces conditions, plus l'effectif de la population croît, plus les terres utilisées croissent aussi et autant des terres non utilisées perdent en superficie.

IV.1.2.2. Calcul du taux d'accroissement de la population

Les taux d'accroissement démographique entre 2000 et 2008, 2000 et 2015 et entre 2000 et 2022 ont joué un rôle important dans l'analyse de la dynamique de la population et de l'occupation du sol de notre zone d'étude. D'après les données récoltées par l'Etat-civil de la commune Butaganzwa, nous voyons que ces taux d'accroissement démographiques sont

successivement de 2,34 %, 3,053% et de 3,43%. Vu que ces taux augmentent d'année en année, ça nous donne une idée de confirmer une extension des champs de cultures, des sols nus et bâtis et une réduction des terres boisées et les champs en jachère dans notre zone d'intérêt.

IV.1.2.3. Capacité de charge et empreinte écologique

Pour bien évaluer la dynamique de l'occupation du sol et sa capacité de charge, il est utile de calculer la bio-capacité et l'empreinte écologique. D'après les données récoltées par l'Agronome communal (voir tableau 3 et 4) tout en sachant que le PIB par habitant était estimé à 275,5 dollars, nous avons vu que la bio-capacité est de 2,7 gha par personne alors que l'empreinte écologique est de 3,1 gha par personne. En effet, nous avons constaté dans cette étude que cette zone d'étude a connu un dépassement écologique remarquable. Dans le même ordre d'idées, on conclut que la population a un impact significatif qui pourrait même occasionner des pertes des vies humaines suite au manque de quoi mettre sous la dent. En effet, pour éviter ce choc lié au problème de manque des terres cultivables, constructibles et à usage pastoral, il s'avère nécessaire de faire des aménagements du territoire pour étendre ces dernières.

IV.2. Analyse statistique de la dynamique de l'occupation des terres

Ce point nous a fort aidés pour analyser les différents changements d'occupation du sol que notre zone d'intervention a connus. En effet, en utilisant les images satellitaires de Landsat, nous avons fait pas mal d'analyses suivantes.

IV.2.1. Matrice de transition

La dynamique des unités d'occupation des terres de 2000 à 2022 est synthétisée par la matrice de transition. La matrice des changements obtenue lors du croisement des cartes d'occupation du sol de 2000 et 2008, 2000 et 2015, et 2000 et 2022 de notre zone d'étude montre que les différents changements constatés au niveau de chaque catégorie d'occupation du sol sont très significatifs (voir tableau 13, 14 et 15).

Dans les cellules des lignes et des colonnes se trouvent respectivement les unités d'occupation des terres de ces trois périodes (2000-2008, 2000-2015 et 2000-2022). Les conversions se font des lignes vers les colonnes.

Les cellules de la diagonale correspondent aux superficies des catégories d'occupation du sol qui sont demeurées stables de 2000 à 2022. Les unités qui sont en dehors de la diagonale représentent les changements des unités d'occupation des terres.

Tableau 13 : Matrice de confusion de 2000 et 2008

2000 / 2008	Champs en jachère km^2	Champs de cultures km^2	Terres boisées en km^2	Sols nus et bâtis en km^2	Total km^2
Champs en jachère km^2	80,8641	0,0000	0,7294	8,9770	90,5705
Champs de cultures km^2	0,0000	126,1221	0,0000	0,0000	126,1221
Terres boisées en km^2	0,0000	3,7776	66,3404	0,0000	70,1180
Sols nus et bâtis en km^2	0,0000	0,0000	0,0000	54,1701	54,1701
Total km^2	80,8641	129,8997	67,0698	63,1471	340,9980
Indice de Kappa					94 %
Indice global de précision					96 %

***Source** : Traitement des images Landsat, 2000 et 2008*

L'analyse de ce tableau nous confirme un niveau de fiabilité acceptable car l'indice global de précision est de 96% ce qui est supérieur à la valeur acceptable de 75% tandis que l'indice de Kappa est de 94 % qui est supérieur à 65 % acceptable (Pontius, 2000). Signalons en passant que ce tableau nous a beaucoup appris que la plus part des classes d'occupation du sol a connu la dynamique significative d'occupation du sol en comparant l'année 2000 et 2008 c'est-à-dire qu'aucune stabilité n'est constatée.

Tableau 14 : Matrice de confusion de 2000 et 2015

2000 / 2015	Champs en jachère km^2	Champs de cultures km^2	Terres boisées en km^2	Sols nus et bâtis en km^2	Total km^2
Champs en jachère km^2	56,6065	20,2921	0,0000	13,6719	90,5705
Champs de cultures km^2	0,0000	126,1221	0,0000	0,0000	126,1221
Terres boisées en km^2	0,0000	0,0000	39,9331	30,1849	70,1180
Sols nus et bâtis en km^2	0,0000	4,000	0,0000	50,1701	54,1701
Total km^2	56,6065	150,4142	39,9331	94,0269	340,9980
Indice de Kappa					73 %
Indice global de précision					78 %

***Source** : Traitement des images Landsat, 2000 et 2015*

Un constat enregistré pendant l'analyse de ce tableau prouve que la classification est acceptable du fait que l'indice de kappa est 73 % ce qui est supérieur au seuil acceptable de 65 % tandis que l'indice global de précision est de 78 % qui restent toujours dans le seuil de la validation et de l'évaluation de l'analyse des images satellitaires (Pontius, 2000). En effet, la dynamique qui se trouve entre ces différentes catégories d'occupation du sol peut s'expliquer par la dispersion de l'habitat de notre zone d'intérêt.

Tableau 15 : Matrice de confusion de 2000 et 2022

2000 / 2022	Champs en jachère km^2	Champs de cultures km^2	Terres boisées en km^2	Sols nus et bâtis en km^2	Total km^2
Champs en jachère km^2	32,4474	38,1231	0,0000	20,0000	90,5705
Champs de cultures km^2	0,0000	126,1221	0,0000	0,0000	126,1221
Terres boisées en km^2	0,0000	8,9856	37,7083	23,4241	70,1180
Sols nus et bâtis en km^2	0,0000	0,0000	0,0000	54,1701	54,1701
Total km^2	32,4474	173,2308	37,7083	97,5942	340,9980
Indice de Kappa					72 %
Indice global de précision					76 %

***Source** : Traitement des images Landsat, 2000 et 2022*

L'analyse de ce tableau atteste une seule classe qui montre une stabilité c'est-à-dire la classe des terres boisées. La confusion entre les différentes catégories d'occupation du sol explique la complexité de notre zone d'intervention. En effet les activités anthropiques du milieu compliquent la transition spatiale.

Pendant l'analyse de ce tableau, l'indice de kappa et l'indice global de précision nous assurent sa validation.

Dans cette recherche, nous avons constaté que toutes ces matrices (tableau 13, tableau 14 et tableau 15) ont l'indice de kappa variant entre 72 % et 94 % et l'indice global de précision variant entre 76 % et 96 %. De tout cela les classifications sont donc valables et les résultats peuvent être judicieusement utilisés pour l'élaboration des cartes d'occupation du sol (Pontius, 2000).

IV.2.2. Calcul des taux moyens annuels d'expansion spatiale

Le calcul des taux annuels de la dynamique des différentes catégories d'occupation du sol au cours des trois périodes 2000-2008, 2000-2015 et 2000-2022 nous a permis de démontrer les différentes évolutions de l'occupation des terres dans notre zone d'étude d'une période à une autre.

Tableau 16 : Evolution des taux moyens annuels d'expansion spatiale

catégorie	Superficie de 2000 en km^2	Superficie de 2008 en km^2	Superficie de 2015 en km^2	Superficie de 2022 en km^2	Taux moyens annuels (%) de 2000-2008	Taux moyens annuels (%) de 2000-2015	Taux moyens annuels (%) de 2000-2022
Champs en jachère	90.5705	80.8641	56.6065	32.4474	-0.52	-1.16	-1.73
Champs de culture	126.1221	129.8997	150.4142	173.2308	0.14	0.43	0.53
Terres boisées	70.1180	67.0698	39.9331	37.7083	-0.21	-1.39	-1.44
Sols nus et bâtis	54.1701	63.1471	94.0269	97.7083	0.71	1.36	1.99

***Source** : Traitement des images Landsat, 2000, 2008, 2015 et 2022*

Ce tableau nous indique que les différentes catégories d'occupation du sol n'ont pas progressé au cours de ces trois périodes au même rythme. Ainsi, pour les champs en jachère et terres boisées, ils ont connu une régression au cours de ces trois périodes c'est-à-dire que le taux moyen de régression annuel est moins élevé au cours de la période 2000-2008 qu'au cours de la période 2000-2022.

Dans ce tableau, on peut conclure que de 2000 à 2022, les formations végétales naturelles (les terres boisées et les champs en jachère) ont régressé au profit des formations anthropiques (champs de cultures et les sols nus et bâtis). Ces mutations spatiales s'expliquent par plusieurs raisons dont l'évolution démographique et le phénomène d'élevage.

IV.2.3. Calcul de la vitesse de la dynamique de l'occupation des terres

Le calcul de la vitesse de la dynamique de l'occupation des terres nous a permis d'analyser les différentes formes de mutation spatiale que notre zone d'étude a connues.

En effet, notre étude s'est basée sur les trois états d'évolution que sont : la progression, la régression et la stabilité des unités du sol (voir le tableau 17).

Tableau 17 : Evolution de la vitesse de la dynamique de l'occupation des terres

catégorie	Superficie de 2000 en km^2	Superficie de 2008 en km^2	Superficie de 2015 en km^2	Superficie de 2022 en km^2	Vitesse d'évolution (ha/an) 2000-2008	Vitesse d'évolution (ha/an) 2000-2015	Vitesse d'évolution (ha/an) 2000-2022
Champs en jachère	90.5705	80.8641	56.6065	32.4474	-1.21	-2.26	-2.64
Champs de culture	126.1221	129.8997	150.4142	173.2308	0.47	1.62	2.14
Terres boisées	70.1180	67.0698	39.9331	37.7083	-0.38	-2.01	-1.47
Sols nus et bâtis	54.1701	63.1471	94.0269	97.7083	1.12	2.66	1.98

Source : *Traitement des images Landsat, 2000 ; 2008 ; 2015 et 2022*

Dans ce tableau, nous avons constaté qu'il y a une régression dans les formations végétales (champs en jachère et terres boisées) que dans les formations anthropiques (champs de culture et sols nus et bâtis) qui montre une progression significative. Vu cette progression et régression de ces différentes catégories d'occupation du sol, on peut dire qu'il y a des facteurs exogènes ou endogènes qui influencent cette régression et progression de ces différentes unités d'occupation du sol.

IV.2.4. Calcul de l'Indice Agro-démographique des terres

Cet indice nous a permis de détecter le niveau de dégradation des terres dans notre zone d'étude d'année en année. A travers ce tableau d'indice agro-démographique, nous avons trouvé que l'évolution de la pression et la dégradation des terres suivent le rythme des années.

Tableau 18 : Evolution de l'Indice Agro-démographique des Terres (IAT)

Année	terres utilisées en km^2	terres non utilisées en km^2	Total en km^2	population	Population active	IAT
2000	180.2922	160.6885	340.9807	50 935	29 864	1,14
2008	193.0468	147.9339	340.9807	63186	36 354	0,93
2015	244.441	96.5396	340.9807	81 188	55 711	0,61
2022	270.825	70.1557	340.9807	112 786	68 343	0,49

***Source** : Traitement des images landsat, 2000 ; 2008 ; 2015 et 2022 ; données de l'Etat-civil de 2000-2022*

Ce tableau nous a révélé l'allure de la pression et la dégradation des terres de notre zone d'intervention. Nous avons vu que l'indice agro-démographique augmente d'année en année. De ce fait, la croissance démographique influence beaucoup cette pression et dégradation car, dans ce tableau, nous avons vu que, plus la population active augmente, plus aussi l'indice agro-démographique des terres augmente.

IV.2.5. Analyse de l'intensité des effets de la croissance démographique sur les terres

L'analyse des effets de la croissance démographique sur les terres cultivables et constructibles a été possible grâce aux données recueillies lors du traitement des images de Landsat 2000-2008, 2000-2015 et 2000-2022 en faisant de la matrice de confusion entre ces différentes années.

1. Transition spatiale de 2000 à 2008

La transition spatiale des différentes catégories d'occupation du sol entre 2000 et 2008 est présentée dans le tableau suivant. En effet, il montre l'état de l'occupation du sol.

Tableau 19 : Etat de l'occupation du sol entre 2000 et 2008

Catégories d'occupation du sol	**Etat de Progression ou Régression (**2000-2008)		**Taux de variation (2000- 2008)**	Rythme de conversion
	En km^2	En %	En %	en km
Champs en jachère en km^2	-9,706	-2,8	-10,7	-1,213
Champs de culture en km^2	3,778	1,1	3,0	0,472
Terres boisées en km^2	-3,048	-0,9	-4,3	-0,381
Sols nus et bâtis en km^2	8,977	2,6	16,6	1,122

***Source** : Traitement des images Landsat 2000 et 2008*

Ce tableau montre que les sols nus et bâtis ont connu une progression de 8,9 km^2 (2,6%), ce qui peut expliquer les migrations que cette zone a connues lors de la crise politique de 1992-2005. De même, les champs en jachère ont connu une régression de 9,7 km^2 (2,8%), en raison des défrichements des formations végétales naturelles à des fins agricoles (champs de culture avec un taux de progression de 3,7 km^2 (1,1 %) et de l'abandon total de ces derniers pour se convertir en sols nus et bâtis.

2. Transition spatiale de 2000 à 2015

La transition spatiale des différentes catégories d'occupation du sol entre 2000 et 2015 est présentée dans le tableau suivant. En effet, il montre l'état de l'occupation du sol.

Tableau 20 : Etat de l'occupation du sol de la zone d'étude entre 2000 et 2015

Catégories d'occupation du sol	**Etat de Progression ou Régression (**2000-2015)		**Taux de variation (2000- 2015)**	Rythme de conversion
	En km^2	En %	En %	en km
Champs en jachère en km^2	-33,964	-10,0	-37,5	-2,264
Champs de culture en km^2	24,292	7,1	19,3	1,619
Terres boisées en km^2	-30,185	-8,9	-43,0	-2,012
Sols nus et bâtis en km^2	39,857	11,7	73,6	2,657

***Source** : Traitement des images Landsat, 2000 et 2015*

Ce tableau montre que les champs en jachère et les terres boisées ont enregistré une régression allant de 8,9 % à 10,0 %, en raison de la mauvaise gestion des formations végétales et de la croissance démographique lors de la recherche des terres cultivables (activités agricoles) et de la source d'énergie (charbon de bois). Dans le même ordre d'idées, la progression des champs de cultures et des sols nus et bâtis (un taux allant de 7,1 % à 11,7 %) est expliquée par la croissance des activités anthropiques qui ne cesse pas de s'accroitre (Malthus, 1798) ce qui entraîne la régression des champs en jachère et les terres boisées.

3. Transition spatiale de 2000 à 2022

La transition spatiale des différentes catégories d'occupation du sol entre 2000 et 2015 est présentée dans le tableau suivant. En effet, il montre l'état de l'occupation du sol.

Tableau 21 : Etat de l'occupation du sol de la zone d'étude entre 2000 et 2015

Catégories d'occupation du sol	**Etat de Progression ou Régression (**2000-2022)		**Taux de variation (2000- 2022)**	Rythme de conversion
	En km^2	En %	En %	en km
Champs en jachère en km^2	-58,123	-17,0	-64,2	-2,642
Champs de culture en km^2	47,109	13,8	37,4	2,141
Terres boisées en km^2	-32,410	-9,5	-46,2	-1,473
Sols nus et bâtis en km^2	43,538	12,8	80,4	1,979

***Source** : Traitement des images Landsat, 2000 et 2022*

Ce tableau montre que les champs en jachère et les terres boisées ont connu une régression allant de 9,5 % à 17,0 % en raison de la croissance des activités anthropiques lors de la recherche des terres cultivables (activités agricoles) et de la source d'énergie (charbon de bois).

De plus, la progression des champs de cultures et des sols nus et bâtis (un taux allant de 12,8 % à 13,8 %) est expliquée par la croissance des activités anthropiques qui ne cesse pas de s'accroitre (Malthus, 1798) ce qui entraîne la régression des champs en jachère.

Pour clore, ces tableaux nous montrent que l'augmentation des champs de cultures et des sols nus et bâtis a entraîné une régression considérable des champs en jachère et les terres boisées.

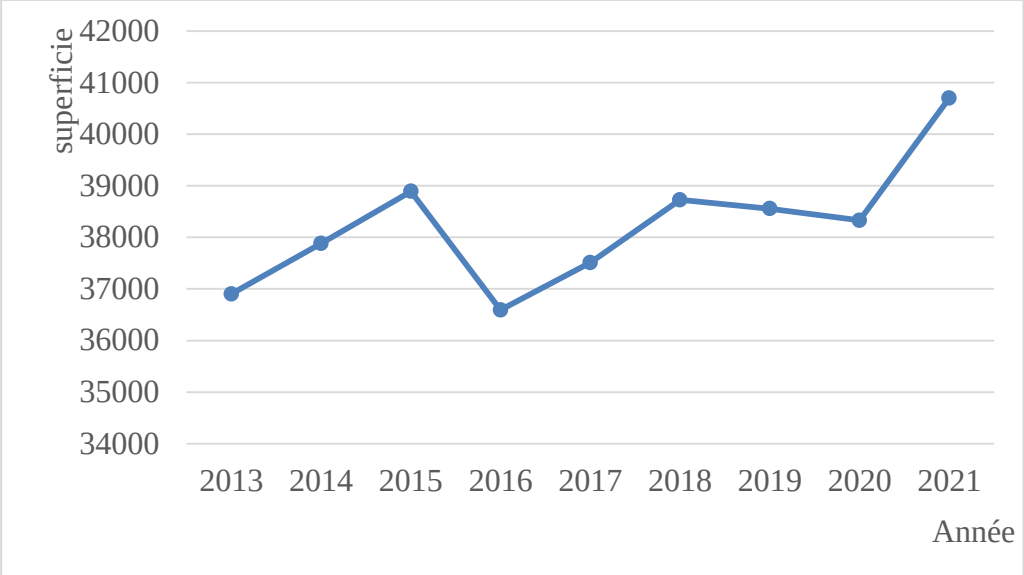
De plus, l'accroissement rapide de la population (d'après les données de l'Etat-civil, en 2000 on a 50935 habitants ; 2008, 63186 habitants ; 2015, 81188 habitants et en 2022, 112786) a pour conséquence la forte demande en ressources alimentaires et en espaces d'habitation.

4. Evolution des espaces agricoles des principales cultures

Au Burundi et en particulier dans notre zone d'intérêt, l'agriculture est une activité de base qui occupe 95 % de la population active (PCDC III, 2019).

La courbe suivante nous explique comment cette activité agricole est l'un des facteurs principaux de l'extension des champs et sols nus.

Figure 12 : Evolution de la superficie agricole entre 2013 et 2021



***Source** : Rapport de l'Agronome communal, 2022*

Sur un échantillon de 376 ménages de la commune Butagazwa sur lesquels l'Agronome communale a mené une enquête, nous pouvons conclure que l'augmentation de la superficie des champs est très liée à la croissance démographique pour satisfaire ses besoins. L'analyse de cette figure nous montre que sur une période de 9 ans, les superficies utilisées ont un taux de progression de 10,2 % ce qui explique l'extension des champs de cultures d'année en année.

IV.2.5.1. Taux de conversion

Ce présent point nous a aidé à analyser les différentes formes de changements d'occupation du sol entre deux années.

Tableau 22 : Evolution du taux de conversion

catégorie	Superficie de 2000 en km^2	Superficie de 2008 en km^2	Superficie de 2015 en km^2	Superficie de 2022 en km^2	Taux de conversion (%) 2000-2008	Taux de conversion (%) 2000-2015	Taux de conversion (%) 2000-2022
Champs en jachère	90,5705	80,8641	56,6065	32,4474	10,7	37,5	64,2
Champs de culture	126,1221	129,8997	150,4142	173,2308	-3,0	-19,3	-37,4
Terres boisées	70,1180	67,0698	39,9331	37,7083	4,3	43,0	46,2
Sols nus et bâtis	54,1701	63,1471	94,0269	97,7083	-16,6	-73,6	-80,4

***Source** : Traitement des images Landsat, 2000 ; 2008 ; 2015 et 2022*

Dans ce tableau, nous avons remarqué que les champs en jachère ont connu une régression car ces champs en jachères et les terres boisées se sont convertis en autres catégories d'occupation du sol en passant de 4,3 % à 64,2 % alors que les autres unités d'occupation du sol (champs de culture et sols nus et bâtis) ont migré vers les autres unités d'occupation du sol (les champs en jachère et les terres boisées). Par exemple, dans ce tableau, nous avons vu que les sols nus et bâtis entre 2000 et 2015 ont eu un taux de conversion de -80,4 % ce qui leur demande une superficie de 80,4 % pour couvrir ses besoins.

IV.2.5.2. Taux de dégradation

Pour savoir le taux de dégradation du sol, ce point nous a fort aidé à analyser la dégradation des sols. Nous avons vu que le sol est fortement dégradé (voir le tableau 23).

Tableau 23 : Evolution de la dégradation des sols

Catégorie	Superficie de 2000 en km^2	Superficie de 2008 en km^2	Superficie de 2015 en km^2	Superficie de 2022 en km^2	Taux de dégradation (%) 2000-2008	Taux de dégradation (%) 2000-2015	Taux de dégradation (%) 2000-2022
Champs en jachère	90,5705	80,8641	56,6065	32,4474	88,8	95,8	98,4
Champs de culture	126,1221	129,8997	150,4142	173,2308	87,1	92,0	93,8
Terres boisées	70,1180	67,0698	39,9331	37,7083	88,0	96,2	97,6
Sols nus et bâtis	54,1701	63,1471	94,0269	97,7083	85,4	88,4	91,8

***Source** : Traitement des images Landsat, 2000 ; 2008 ; 2015 et 2022*

Dans ce tableau, nous avons vu que, depuis 2000 à 2022, les champs en jachère et les terres boisées ont connu un taux de dégradation remarquable (un taux allant jusqu'à 98,6 %) si on compare avec d'autres catégories d'occupations du sol. Ceci nous donne une idée de la diminution des champs en jachère du jour au jour. Il en est de même pour le cas des terres boisées. Pour cela, nous pouvons affirmer qu'on peut attribuer la tendance de ces taux de dégradation vers 100 % à une extension des champs de cultures et des sols nus et bâtis.

En général, les taux de dégradation ont augmenté pour les champs en jachère et les terres boisées tandis que les champs de cultures et les sols nus et bâtis ont diminué. En effet, les champs en jachère et les terres boisées ont connu une régression de la superficie alors que les champs de cultures et les sols nus et bâtis ont vu leurs superficies progresser.

IV.2.5.3. Taux de déforestation

Ce taux nous a fort aidé pour calculer la transition de la déforestation de notre zone d'étude.

Tableau 24 : Evolution du taux de déforestation

Catégorie	Superficie de 2000 en km^2	Superficie de 2008 en km^2	Superficie de 2015 en km^2	Superficie de 2022 en km^2	Taux de déforestation (%) 2000-2008	Taux de déforestation (%) 2000-2015	Taux de déforestation (%) 2000-2022
Champs en jachère	90,5705	80.8641	56,6065	32,4474	1.4	3.1	4.7
Champs de culture	126,1221	129,8997	150,4142	173,2308	-0.4	-1.2	-1.4
Terres boisées	70,1180	67,0698	39,9331	37,7083	0.6	3.8	2.8
Sols nus et bâtis	54,1701	63,1471	94,0269	97,7083	-1.9	-3.7	-2.7

***Source** : Traitement des images Landsat, 2000 ; 2008 ; 2015 et 2022*

Ce tableau nous a montrés l'évolution de la déforestation du paysage de notre zone d'étude. Pour le cas des champs en jachère et des terres boisées, le taux de déforestation va dans le sens positifs tandis que, pour les champs de cultures et les sols nus et bâtis, ses taux de déforestation vont dans le sens contraire. Ceci nous donne une idée de la diminution des champs en jachères et des terres boisées au profit des champs de cultures et des sols nus et bâtis du jour au jour.

En général, les taux de déforestation ont augmenté pour les champs en jachère et les terres boisées tandis que les champs de cultures et les sols nus et bâtis ont diminué. En effet, les champs en jachère et les terres boisées ont connu une régression de la superficie alors que les champs de cultures et les sols nus et bâtis ont vu leurs superficies progresser.

IV.2.5.4. Taux d'évolution

Entre 2000 et 2008, 2000 et 2015, et 2000 et 2022 ; les superficies de certaines catégories d'occupation du sol ont progressé et d'autres ont régressé. Ceci traduit la dynamique qu'a connue ce milieu entre ces trois dates.

Tableau 25 : Taux d'évolution des superficies de différentes catégories d'occupation du sol

catégories	Superficie de 2000 en km^2	Superficie de 2008 en km^2	Superficie de 2015 en km^2	Superficie de 2022 en km^2	Taux d'évolution (%) de 2000-2008	Taux d'évolution (%) de 2000-2015	Taux d'évolution (%) de 2000-2022
Champs en jachère	90,5705	80,8641	56,6065	32,4474	-0,11	-0,38	-0,64
Champs de culture	126,1221	129,8997	150,4142	173,2308	0,03	0,19	0,37
Terres boisées	70,1180	67,0698	39,9331	37,7083	-0,04	-0,43	-0,46
Sols nus et bâtis	54,1701	63,1471	94,0269	97,7083	0,17	0,74	0,80

***Source** : Traitement des images Landsat, 2000 ; 2008 ; 2015 et 2022*

Dans ce tableau, on a constaté que les taux d'évolution des champs de culture et sols nus et bâtis évoluent dans le sens contraire des taux d'évolution des terres boisées et des champs en jachère ce qui signifie que les champs en jachère et les terres boisées ont connu une diminution au profits des champs de cultures et des sols nus et bâtis entre ces trois périodes.

De tout cela, on peut affirmer qu'il y a des facteurs que ça soit exogènes ou endogènes qui influent sur ces différentes catégories d'occupation du sol.

IV.3. Discussion

La présente recherche réalisée pour examiner les effets de la croissance démographique sur la disponibilité des terres cultivables et constructibles en utilisant les images satellitaires a dévoilé les résultants montrant la régression de la superficie des terres boisées et les champs en jachère et la progression de la superficie des champs de culture et les sols nus et bâtis au profit de la croissance démographique. Dans cette étude, le taux de régression des terres non utilisées est de 61,17 % entre 2000 et 2022 ce qui est comparable à 60 % obtenu par Tente B. (2009) lors de l'analyse de la dynamique de l'occupation du sol sur le plateau d'allada (sud Bénin) au cours de la période 1975-2007. Les résultats de cette étude ont confirmé ceux du travail d'Agbanou, B.T. (2018 p.188) quand il a affirmé que 72,3 % de la superficie de sa zone d'étude en 2016 sont des terres utilisées lors de l'analyse de la dynamique de l'occupation du sol dans le secteur Natitingou-Boukombé (nord-ouest Bénin) au cours de la période de 1987 à 2016. Il en est de même pour Amoussou, E. (2010, p.211), lors de son étude de la dynamique d'occupation des sols du bassin versant du complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest) au cours de la période de 1956 à 2000, il a signalé que les surfaces cultivées occupent un taux de 55 % de la superficie totale de la zone d'étude en 2000 ce qui est supérieur à nos résultats (50,8% en 2022).

La tendance de régression du paysage des terres boisées et les champs en jachère au profit des champs de cultures et des sols nus et bâtis observée depuis 2000 à 2022 a été aussi observée par plusieurs auteurs dont, Agbanou, B T. (2018) qui a conclu que les terres boisées et les champs en jachère ont connu un taux de régression allant jusqu'à 36,58 % pendant une période de 1987 à 2000 ce qui est supérieur à nos résultats (32,7 %) et Avakoudjo J. et Ali. (2014) lors de son étude sur dynamique de l'occupation du sol dans le Parc National du W et sa périphérie au nord-ouest du Bénin avec un taux de régression de 37,38% pendant une période de 36 ans (1972 à 2008)

En effet, l'un des problèmes qui hante notre zone d'étude n'est que la réduction des superficies cultivables et constructibles incitée par la demande croissante des besoins de la population qui ne cessent pas à augmenter du jour au jour, du fait de la croissance démographique.

Ces résultats sont conformes à ceux de Houndji, P. (2020 p.121) lors de son étude sur la croissance urbaine et terres agricoles dans la ville de Pobe avec un taux d'accroissement de 66,2 % et un taux de progression des champs de cultures, des sols nus et bâtis de 14,8 %.

IV.3.1. Analyse de la transition spatiale

L'analyse des images satellitaires (2000, 2008, 2015 et 2022) montre une augmentation des formations artificielles et une diminution des formations naturelles. Ces résultats sont conformes à ceux de Djohy G.L. et al. (2016) quand ils ont analysé la dynamique de l'occupation du sol et évolution des terres agricoles dans la commune de Sinendé au Nord-Bénin car il nous a montré que les formations végétales ont connu une régression à un taux de 97,28 % pendant une période de 20 ans (1990 à 2010) tandis que les formations artificielles ont connu une augmentation la plus nette avec un taux de 39,25 %.

Ces résultats sont conformes aussi à ceux d'Avakoudjo J. et al. (2014) ainsi qu'à ceux de Arouna (2002) et Orékan (2007) qui ont montré une régression continue des formations naturelles au profit des formations artificielles à partir d'une étude diachronique. En effet, les causes majeures de cette progression et régression sont très liées aux activités agricoles (Arouna et al., 2010 ; Tente et al., 2011).

Lors de notre analyse des données, nous avons eu une conclusion qui stipule que les champs de cultures sont en accroissement dans le but de nourrir une population croissante ce qui justifie la réduction des champs en jachères et l'augmentation d'année en année des espaces anthropisés. En effet, d'après les données fournies par l'Etat-civil de la zone d'étude, le taux d'accroissement de la population est estimé à 3,43% par an entre 2000 et 2022.

IV.3.2. Analyse de la classification des images satellitaires

L'analyse des effets de la croissance démographique sur la disponibilité des terres cultivables et constructibles sur base des images satellitaires est l'objectif de notre recherche. Dans une étude de recherche de l'évolution de l'occupation du sol comme celle-ci, il s'avère nécessaire d'utiliser les images satellitaires présentant des caractéristiques les plus homogènes possibles dans le but d'interpréter les changements d'occupation du sol vus sur ces images (Soucy Gonthier N. et al., 2003). L'usage des images TM et OLI /TIRS dans notre étude ne devrait pas fragiliser nos résultats obtenus malgré la variation d'utilisation d'un capteur à un autre (Bannari A. et al., 2004 ; Paoli L. et al., 2006).

Il est important de signaler que les données socio-économiques, culturelles et historiques devraient être utilisées pour évaluer les causes des différents changements de l'occupation du sol dans l'analyse par la télédétection (Laporte N., 1999). En effet, pour expliquer la transition spatiale de notre zone d'étude, le contexte socio-économique et politique a été pris dans notre recherche.

Les résultats de notre recherche ont montré que le coefficient de Kappa obtenu pour les six images utilisées pour évaluer la dynamique de l'occupation du sol varie de 72 à 94 %. Ces résultats sont conformes à d'autres travaux de recherche comme ceux de Fitzgerald et Lees (1994), Bianchi C.A & Haig S.M. (2012), Pontius J. R. G. (2000), et Fichera C.R. et al. (2012) lors de la validation de la classification ce qui permet de conclure que les résultats de ces classifications sont globalement acceptables.

Concernant les erreurs de commission issues des classes difficiles à discriminer visuellement dont les signatures spectrales sont similaires (champs en jachère et terres boisées), notre travail de recherche a trouvé qu'elles ne dépassent pas 70 %. Ces erreurs sont acceptables selon Pontius (2000), ce qui permet de confirmer leur véracité.

Conclusion du quatrième chapitre

Les résultats obtenus montrent que les terres utilisées occupent un taux de 79,4 % de la surface totale de la zone d'étude en 2022 alors qu'en 2000, les résultats obtenus ont montré un taux de 47,0%. De ce fait, dans 22 ans, notre zone d'intérêt a connu un taux de progression de 32,4 %. Dans le même ordre d'idées, les champs de cultures connaissent une extension rapide au détriment des terres boisées. Entre 2000 et 2022, la tendance régressive des terres boisées et des champs en jachère a été observée avec un taux allant jusqu'à 32,7 % de la superficie totale de la zone d'étude. En général, les champs en jachères et les terres boisées disparaissent au profit des champs de cultures et des sols nus et bâtis. A cet effet, la croissance démographique a contribué à la tendance régressive des terres et des richesses du fait que les activités anthropiques sont les principaux facteurs de l'extension spatiale utilisée.

CONCLUSION GENERALE ET SUGGESTIONS

Le présent point a pour objectif de donner une conclusion générale et des suggestions formulées à l'endroit de toute la population de notre zone d'étude et à l'Etat dans le but de faire face aux effets de la croissance démographique sur la disponibilité des terres cultivables et constructibles pour le cas de notre zone d'étude. En effet, ces propositions ont été formulées afin d'élucider les différents points qui vont stimuler le développement durable.

1. Conclusion générale

Ce présent travail aussi modeste soit-il avait pour objectif d'analyser les effets de la croissance démographique sur la disponibilité des terres cultivables et constructibles en commune Butaganzwa à partir des données de télédétection et du SIG. Les résultats obtenus montrent que les terres utilisées occupent un taux de 79,4 % de la surface totale de la zone d'étude en 2022 alors qu'en 2000, les résultats obtenus ont montré un taux de 47,0%. De ce fait, dans 22 ans, notre zone d'intérêt a connu un taux de progression de 32,4 %. Dans le même ordre d'idées, les champs de cultures connaissent une extension rapide au détriment des terres boisées. Entre 2000 et 2022, la tendance régressive des terres boisées et des champs en jachère a été observée avec un taux allant jusqu'à 32,7 % de la superficie totale de la zone d'étude. En général, les champs en jachères et les terres boisées disparaissent au profit des champs de cultures et des sols nus et bâtis. A cet effet, la croissance démographique a contribué à la tendance régressive des terres et des richesses du fait que les activités anthropiques sont les principaux facteurs de l'extension spatiale utilisée.

En revanche, les activités de l'homme (la forte demande en terres cultivables et constructibles et l'exploitation du bois pour l'énergie et la construction) sont les principales causes de la transition spatiale (PCDC III, 2019).

Pour arriver à ces résultats, l'étude a porté sur un échantillon de 3788 points, à raison de 720 points pour les champs en jachère, 1924 points pour les champs de cultures, 420 points pour les terres boisées et 1084 points pour les sols nus et bâtis pour faire la classification supervisée. Pour trouver l'échantillon, nous nous sommes fixés un critère permettant d'atteindre l'objectif suivant : identifier quatre catégories d'occupation du sol en fonction des éléments paysagers ponctuels de notre zone d'étude. Il s'agit des champs de cultures, les champs en jachère, les terres boisées et les sols nus et bâtis.

2. Suggestions

Les effets de la croissance démographique sur la disponibilité des terres cultivables et constructibles sont une réalité dans notre zone d'étude d'après nos résultats. En effet, ces résultats interpellent que notre zone d'étude connait une colonisation rapide des champs de cultures et des sols nus et bâtis.

Vu l'ampleur de la croissance démographique et des terres utilisées, les producteurs sont priés de chercher d'autres activités génératrices de revenu.

Même si on observe dans notre zone d'étude une tendance évolutive démographique accélérée, il y a espoir de confirmer que la croissance démographique peut entraîner la dégradation des terres dans le court terme, mais il peut aussi stimuler l'innovation et l'intensification agricole ainsi que l'adoption de techniques de conservation (Boserup, 1965 ; Julian S., 1981 et Kuznets S., 1960).

Cependant, la politique d'augmenter des superficies agricoles face à une croissance accélérée et non maitrisée de la population et des habitations devrait être une condition sur un territoire où l'agriculture est une activité génératrice de revenu.

Compte tenu de cette situation qui secoue notre zone d'étude, des mesures d'augmentation des terres cultivables et constructibles doivent être prises dans l'ensemble de notre zone d'intérêt avant qu'il ne soit trop tard.

Parmi ces mesures qu'il faut mettre en place, nous pouvons suggérer ce qui suit :

Une planification conciliant le développement économique, social et la qualité de l'environnement. En effet, le travail de restauration des sols nus pierreux dans le but d'éviter la dégradation des sols et l'érosion est nécessaire.

Organiser notre zone d'intérêt de manière à faire des gratte-ciels et des bunkers dans le but d'agrandir les espaces cultivables tout en appliquant une politique de la densification de l'habitat et de la villagisation. Par exemple, les bunkers seront les plus recommandés du fait que les habitations seraient dans le sous-sol et les cultures qui ont besoin de l'énergie lors de la photosynthèse seraient à la surface. Faute de moyens pour construire les bunkers, les gratte-ciels sont à suggérer dans le but d'accroitre les espaces agricoles même si ces derniers réduisent des terroirs agricoles.

Une politique agricole plus intensive pour augmenter les espaces cultivables

Une politique de la limitation des naissances pour diminuer l'empreinte écologique dans notre zone d'étude.

De façon générale, pour faire face à ces effets de la croissance démographique sur la disponibilité des terres cultivables et constructibles, il s'avère nécessaire de faire une organisation du territoire raisonnée. En effet, cette organisation du territoire doit être résiliente et inclusive et conciliant le développement économique, social et la qualité de l'environnement tout en répondant les besoins des générations présentes et futures. Pour ce, il nous tâche ici à suggérer aux chercheurs à faire des études de recherche approfondies dans le futur sur l'élaboration des outils permettant de gérer la dynamique de l'occupation du sol.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

I. Ouvrages généraux

1. Amoussou, E. (2010). *Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin-versant du complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest),* Bourgogne, 313 p.
2. Ananitchev, K. (1975). *L'Environnement. Aspects internationaux*, URSS, Ed. du progrès, 256p.
3. ARISTOTE (environ 354 av. J.C.). *La Politique* ; éd. Anglaise de 1932, 531 p.
4. Bernier, B. (1992). *Introduction à la microéconomie*. Dunod, Paris, 217 p.
5. Child, J. (1698). *A New Discourse on Trade*. T. Sowle, 239 p.
6. Bodin, J. (1576). *Les six livres de la république*. Paris, Jacques du Puys, 861 p.
7. Boserup, E. (1965). *Évolution agraire et pression démographique*, trad. française de 1970, coll. Nouvelle bibliothèque scientifique, Flammarion, London and New York, 224 p.
8. Eckholm, E.P. (1977). *La terre sans arbres. La destruction des sols à l'échelle mondiale.* Paris, Laffont, 329p.
9. Ehrlich, P. (1968). *The Population Bomb. Population Control or Race to Oblivion?* New York, Ballantine Books, 223 p.
10. Hellman, H. (1976). *Nourrir l'homme de demain*, Paris, Ed. France-Empire, 267 p.
11. Monod, J. (2016). *L'aménagement du territoire* (10ème édition). Paris, France : Presses universitaires de France, 125p.
12. Ndayirukiye S. et al. (2015). *Atlas des pays du Nord-Tanganyika*, Marseille, 141 p.
13. Ndayirukiye, S. et al., (1991). *Géographie du Burundi*, Paris, Hatier, 288 p.
14. Malthus, R.T. (1798). Essai sur le principe de la population, London, 153 p.
15. Marx (1867). Le capital, éd. Anglaise de 1959,
16. Le Callennec, S. (1992). *L'Afrique et le monde*. Collection n°9, 14ème éd., Paris, 208 p.

II. Thèse et mémoire

1. Agbanou, B.T. (2018). *Dynamique de l'occupation du sol dans le secteur Natitinga-Boukombe (Nord-Ouest Bénin) : De l'analyse diachronique à une modélisation prospective*. Thèse de Doctorat, Université Toulouse le Mirail-Toulouse II et université nationale du Bénin, 271 p.

2. Arouna, O. (2002). *L'exploitation des ressources biologiques et la dynamique de la forêt classée de l'Alibori supérieur au Bénin.* Mémoire de Maîtrise de géographie, FLASH, Université d'Abomey-Calavi, Abomey-Calavi, 115 p.
3. Arouna, O. (2012), *Cartographie et modélisation prédictive des changements spatio-temporels de la végétation dans la Commune de Djidja au Bénin : implications pour l'aménagement du territoire.* Thèse de doctorat. Université d'Abomey-Calavi. Bénin. 162 p.
4. Ndariye, L. (2004). *Les ruptures sociales au Burundi. Impact de la crise d'Octobre de 1993 et recomposition dans le Buyogoma. cas de la commune Butaganzwa*, Bujumbura, U.B., FLSH, 110 p.
5. N'da D. H. (2007). *Etude et suivi par télédétection et système d'informations géographiques d'une aire protégée soumise aux pressions anthropiques : Cas du Parc National de Marahoué*, Thèse de doctorat, 158 p.
6. Ntahomvukiye, F. (1995). Évolution démographique de la commune Butaganzwa (1971-1992), Bujumbura, U.B., FLSH, 101 p.
7. Sauvy, A. (1973). *Croissance zéro ?* Paris, Calmann-Lévy, 328 p.

III. ARTICLES

1. Arthur, B.W. (1989). Competing Technologies, Increasing Returns and Lock-in by Historical Events. *The Economic Journal*, 99, 116-131
2. Avakoudjo J et al. (2011). Farmers' perception and response to soil erosion while abiotic factors are the driving forces in Sudanian Zone of Benin.Agric. *Engineering Res. J.*, 1(2): 20-30
3. Avakoudjo J. et al. (2014). Dynamique de l'occupation du sol dans le Parc National du W et sa périphérie au nord-ouest du Bénin. Int. J. Biol. Chem. *Sci.* 8(6): 2608-2625, 2014 (http://ajol.info/index.php/ijbcs)
4. Bannari A. et al., (2004). Comparaison des réflectances de surfaces naturelles dans les bandes spectrales homologues des capteurs TM de landsat 5 et TM+ de Landsat 7, *Télédétection*, 4, 3, 263-275
5. Bianchi C.A& Haig S.M. (2012). Deforestation trends of tropical dry forests in central Brazil, B*iotropica*, 45, 3, 395-400

6. Carozza et al. (2008). Territoires néolithiques au moment où apparaît la première métallurgie: le rôle des fortifications et des enceintes dans le chalcolithique du midi de la France. PEUCE, V (1), pp.43-76. (https://shs.hal.science/halshs-00345055/file/Carozza_et_al_2007.pdf)
7. Coke, R. (1671). *A Treatise Wherein is Demonstrated that the Church and the State of England.* J.C., Great Britain, 151 p.
8. Davranche A., (2008). *Suivi de la gestion des zones humides camarguaises par télédétection en référence à leur intérêt avifaunistique*. Ecole Doctorale Espaces, cultures, sociétés, 235 p.
9. Desabie, J. (1966). *Théorie et pratique des sondages*. Paris, Dunod, 480 p.
10. Desjardins, X.I.G.L. (Sous dir.) (2016).*L'aménagement du territoire en France* ,2e édition, Paris, 183 p.
11. Djohy G.L. et al. (2016). *Dynamique de l'occupation du sol et évolution des terres agricoles dans la commune de sinende au nord-Bénin*, Bénin, 121 p.
12. Dupreel, E. (1928). Le Problème Sociologique de Rire. In : *Revue Philosophique* 196, 213-260.
13. Dureau, F., (1988). A propos de l'analyse des systèmes résidentiels. Présentation de l'enquête Migrations réalisée à Quito (Equateur) en décembre 1987. *Communication présentée au colloque Migrations, changements sociaux et développement, ORSTOM, Paris, 20-22 septembre 1988*. Paris, ORSTOM, Collection Colloques et séminaires (à paraître), 17 p.
14. Dureau F., Barbary O., Lortic B., Michel A., (1989). *L'utilisation de la télédétection pour l'observation démographique en milieu urbain. Convention Ministère de la Coopération-ORSTOM*. Rapport final. Paris, ORSTOM, 31 p.
15. Equipe ORSTOM (UR 406, ATOB, Unité d'infographie), (1986 et 1987). Intégration des données de télédétection dans un système d'information géographique: suivi de la morphologie et de la démographie d'une ville. ATP CNRS/CNES. Rapport intermédiaire. Avril 1986. Rapport final, Août 1987. Paris, ORSTOM, 190 p. et 591 p.
16. Equipe ORSTOM (UR 15 du département SOU), (1988). L'utilisation de l'imagerie SPOT pour l'observation démographique en milieu urbain. Rapport final CNES, avril 1988. Paris, ORSTOM, 217 p

17. FAO - Food and Agriculture Organization (1999). *State of the world's forests*. FAO, Rome, Italy. Disponible sur le site : http://www.fao.org/docrep /w9950e/ w9950e00.htm (visité le 20 Décembre 2022)
18. Fayolle R. & Tanguay G.A. (2011). Les indicateurs urbains de développement durable et l'aménagement du territoire. *Télescope, 17*(2), 49-70.
19. Fichera C.R. et al. (2012). Land cover classification and change-detection analysis using multi-tempral remote sensed imagery and landscape metrics, Eur. *J. Remote Sensing*, 45, 1-18
20. Fitzgerald R.W. & Lees B.G. (1994). Assessing the classification accuracy remote sensing data, *Remote Sensing Environ*., 47, 362-368
21. Fournier, P. (1986). Enquête sur l'utilisation du territoire effectué en 1985 par la méthode des segments. Paris, *SCEES*, série S, 63 p. (Méthodes et applications scientifiques n° 13).
22. Fournier, P. & Gilg J.P. (1985). *Télédétection et observation terrain*. Toulouse, cours du GDTA, 22 p.
23. Gonner, E.C.K (1899). *The Social Philosophy of Rodbertus*, Oxford University Press, 238 p.
24. Guay, P.-Y. (2001). *Introduction à l'urbanisme : approches théoriques, instruments et critères.* 2e édition, Mont-Royal, Éditions Modulo, 178 p.
25. Gueriniai, M. et Ali. (2012). *Analyse spatio-temporelle par télédétection de la region de Djelfa – Evolution de l'occupation du sol*, ENSA El Harrach, Alger, 109 p.
26. Gueriniai, A. (2012). Analyse spatio-temporelle par télédétection de la région de Djelfa – Evolution de l'occupation du sol- Alger, 109 p.
27. Gutman, G., Byrnes, R., Masek, J., Covington, S., Justice, C., Franks, S. et Kurtz, R. 2008. Towards monitoring land cover and land use changes at a global scale: the global land survey 2005. *Photogram. Eng. and Remote Sens*., 74: 6–10
28. Hadjadj, M. F. (2011). Apport des SIG et des images satellites pour la cartographie numérique de la forêt du Chettabah (Wilaya de Constantine) : Modélisation climatique et classification. Mémoire de fin d'études, Université El-Hadj Lakhdar Batna, Constantine, Algérie. 178p.
29. Hardin, M.C. (1970). *Vaincre la faim,* nouveaux Horizons, 324 p.
30. Havyarimana, F. et al., (2017). La dynamique spatiale de la forêt située dans la réserve forestière de Bururi au Burundi. *Tropicultura,* 35, 3, 158-172

31. Houndji, P. (2020). *Extension urbaine et agriculture périurbaine à kétou au sud-est du Bénin*, UAC, 314 p.
32. Julian, S. L. (1981). The Ultimate Ressource. Princeton, Princeton University Press, 418 p.
33. Jensen, J.R., (1996). *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*, 2nd ed., Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 316p
34. Kokou K. et al. (2006). Diversité des forêts denses sèches du Togo. *Revue d'Ecologie*, 61(3), 225 - 246.
35. Kuznets, S. (1960). Economic growth of small nations. *In Economic Consequences of the size of Nations*, edited by E.A.G. Robinson. London: Macmillan.
36. Lanly J. P. (1982). *Les ressources forestières tropicales*. FAO, Rome, Italie, 113p.
37. Laporte N. (1999). Géographie des relations ville-forêt en Afrique centrale : approche régionale (volume II). CARPE, Washington DC, 32 p.
38. Lecerf, R. (2008), Suivi des changements d'occupation et d'utilisation des sols d'origine anthropique et climatique à l'échelle régionale par télédétection à moyenne résolution (Application à la Bretagne), https://theses.hal.science/tel-00337099
39. Mathis, W. & William, R. (1996). *Our ecological footprint: reducing human impact on earth*. Gabriola Island. New Society Publishers, 170 p.
40. Oloukoï J., Mama V. J., Agbo F. B. (2007) : Modélisation de la dynamique de l'occupation des terres dans le Département des collines au Bénin. *Télédétection*, 6 (4), 305-323.
41. Orékan VA. (2007). *Implémentation du modèle local CLUE-s aux transformations spatiales dans le Centre Bénin aux moyens de données socio-économiques et de télédétection.* Thèse de doctorat, Université de Bonn, Bonn, Suisse, p.204.
42. Paoli L. et al., (2006). Radiometric correction effects in Landsat multi-date/multi-sensor change detection studies, *int. J. Remote sensing*, 27, 3-4, 1124-1129
43. Pastorelli, R. (1986). Statistique d'occupation du sol à partir d'images satellites. *Cahiers de statistique Agricole.* n°1/6 janvier-février 1986 : 7-12
44. Platon (environ 340 av. J.C.). *Les lois*, éd. Anglaise de 1926, 614 p.
45. Pontius J. R. G., (2000). Quantification error versus location error in comparison of categorical maps. *Photogramm, Eng Remote Sensing* 66(8): pp. 1011–1016

46. Pontius Jr.R.G et Millones, (2011). Death to Kappa : buth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessement. *International Journal of Remote sensing* 32 (15), pp. 4407-4429.
47. Pressat, R. (1979). *Dictionnaire de démographie,* 1ère Ed, Paris, 295 p.
48. Puyravaud, J. (2003). Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management*, 177(1–3), 593–596. https://doi.org/10.1016/s0378-1127(02)00335-3
49. Rouse, J. W., Haas R. H., Schell J. A. and Deering D. W. (1974). Monitoring
50. Sedjari, A. (dir.) (1999). *Aménagement du territoire et développement durable : quelles intermédiations ?* Paris, France : Le Harmattan.
51. Senécal, P. (2010). *Histoire de la transition néolithique. Evolution des théories, modèles et hypothèses*, Montréal, 197 p.
52. Soucy, G.N. et al. (2003). *Détection de l'évolution des superficies forestières en Montéregie entre juin 1999 et août 2002 à partir des images TM.* Agence Forestière de la Montéregie, 29 p.
53. Tente B., 2009. Dynamique actuelle de l'occupation du sol sur le plateau d'allada : cas de la Commune de tori bossito (sud benin). LACEEDE, *Climat et développement*, 8 : pp. 95-105.
54. Tente B. et al., (2011). Impacts des activités humaines sur les ressources forestières dans les terroirs villageois des communes de Glazoué et de Dassa-Zoumè au centre-Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(5), 2022-2030.
55. Wackernaegel Mathis et Rees William (1996). *Our ecological footprint: reducing human impact on earth* Gabriola Island: New Society Publishers.
56. Whittaker, E. (1940). A *history of Economic Ideas, Toronto*. Logmans, Green and co., 766 p.

IV. Rapports

1. Rapport des Nations-Unies (1978). *Causes et conséquences de l'évolution démographique. Nouveau compendium de conclusions relatives à l'interaction des facteurs démographiques, économiques, et sociaux*, vol1, New York, 698 p.
2. UN-DESA, (2012). «*World Urbanization Prospects, the 2011 Revision*», New York: United Nations: Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 318 p
3. UNESCO (1993). *Rapport mondial sur la science*, 284 p.

V. Webographie

https://www.footprintnetwork.org/content/images/uploads/LPR_2006_FR.pdf consulté le 23/4/2023

https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2017-07/161027_rapport_planete_vivante.pdf consulté le 16/03/2023

https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2022-10/LPR%202022%20VFINAL_Page_pageBD.pdf consulté le 12/02/2023

https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/lpr_wwf_2008_french.pdfle consulté le 15/11/2022

ANNEXES

Annexe n° 1 : Production agricole de 2013 à 2021 par rapport à la superficie cultivée

Année / Catégories		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Maïs	Superficie en are	17186	17454	18042	16952	17041	18941	17186	18114	19864
	Production en tonnes	10311	10402	10894	10442	111002	11252	10631	11804	12124
Haricot	Superficie en are	19046	19642	19984	18841	19560	18942	20330	19342	19864
	Production en tonnes	17840	17854	17126	16822	16948	16284	18097	16908	17642
Pommes de terre	Superficie en are	278	322	374	380	394	362	470	378	402
	Production tonnes	2734	3019	3855	4004	3716	3430	3149	2902	3004
Riz	Superficie en are	392	466	492	418	515	481	570	496	572
	Production en tonnes	414	512	409	623	684	666	741	682	680
Total superficie en are		36902	37884	38892	36591	37510	38726	38556	38330	40702
Total production en tonnes		31299	31787	32284	31891	132350	31632	32618	32296	33450

***Source**: Rapport de l´Agronome communal, 2022*

Annexe n° 2 : Fiche de collecte des points de contrôle-terrain

Zone : ……

Colline : …….

N° du segment	**Points collecté à l'aide d'un GPS**		**Description de la catégorie d'occupation**
	Latitude	**Longitude**	
1.			
2.			
3.			