



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

Faculté de science de la terre et l'univers

Département de Géographie et aménagement de territoire

Option : Géomatique

Thème :

***L'apport de la géomatique dans l'étude de
l'interaction Homme-Environnement :
Cas de l'arrondissement de kilibo***

Présenter par :

IDRISSOU Seidou Ninphirou

Devant le jury composé de

Mr. ALLAL Nadir	Président (MCA)	Université d'Oran 2
Mme. GOURINE Farida	Examinatrice (MAA)	Université d'Oran 2
Mme. Sidi Khalef Soraya	Encadreur (MAA)	Université d'Oran 2
Mr. BENKHEIRA Amine	Co-encadreur	Université d'Oran 2

Année Universitaire

2023 - 2024

Dédicaces

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers, à mon père que dieu lui fasse miséricorde et qu'il lui donne une longue vie.

A ma mère décédée trop tôt qui m'a toujours poussée et motivée dans mes études. J'espère que, du monde qui est sien maintenant, elle apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'un fils qui a toujours prié pour le salut de son âme. Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde !

Remerciement

Au terme de ce travail, je tiens à remercier énormément mon maître mémoire, Mme Soraya SIDI YKHLEF qui a consacré son temps malgré ses multiples occupations et également Mr Amine BENKHEIRA qui a toujours répondu présent à mes diverses sollicitations malgré ses nombreuses occupations.

A tous les enseignants du STU en général et en particulier les enseignants de la spécialité géomatique pour le savoir qu'ils nous ont légué ;

A Mme GOURINE Farida enseignante chercheur, cheffe département de géographie et aménagement du territoire de l'université d'Oran2 Mohamed ben Ahmed pour sa disponibilité et son appui en cas d'éventuelle préoccupation,

A Mr CHACHOUA Moustapha enseignant chercheur à l'université d'Oran2 Mohamed ben Ahmed pour son aide, son soutien moral tout au long de ce travail.

A Mme Kariche pour sa disponibilité et ces apports pour la qualité de ce travail

A Mr Saharaoui pour son soutien dans la réalisation des cartes d'occupation du sol,

A Mr MOUSSA Loukmane, Docteur en biogéographie et SIG pour sa disponibilité et le suivi de ce travail de recherche.

A mes cousins et cousines pour leurs soutiens morale et financier. Je voudrais qu'ils sachent combien le leur suit reconnaissant de leur affection et de leur engagement ;

A mes frères et sœurs pour leur affection et leur compréhension ;

A tous mes anciens collègues d'entreprise IZICHANGE qui par leur encouragement je suis arrivé au terme de cette étude

A tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail ;

Enfin, je voudrais également saisir l'occasion pour remercier tous mes amis de la promotion pour leurs esprits de famille et aux membres de jury pour avoir accepté de sacrifier leur temps précieux afin d'apprécier ce travail.

Résumé :

L'arrondissement de Kilibo subit de plus en plus une régression des formations naturelles aux profits des formations anthropiques. Or étant un milieu rural, les populations dépendent des ressources naturelles pour leurs survies. L'objectif de ce travail est de quantifier dans l'espace et dans le temps le degré de changement subit par les différentes unités d'occupation des terres de l'arrondissement de Kilibo. Les images satellites des années 2003, 2013 et 2022 ont servi de base à l'établissement des cartes d'occupation du sol. Le logiciel SIG tel que arc-GIS 10.8 a permis de traiter les images et d'extraire les différentes cartes d'occupation des terres. Il ressort de ce travail que l'accroissement démographique, les péjorations climatiques, le développement de nouvelles activités économiques au détriment de la végétation contribuent à une dégradation régressive des formations naturelles, au profit de celle anthropique. Il est important de rationaliser l'utilisation des terres à travers une agriculture intensive, une urbanisation règlementée et faire respecter les normes d'exploitation des ressources naturelles.

Mot clés : SIG, Occupation du sol, évolution démographique, régression

Abstract :

The district of Kilibo is increasingly experiencing a regression of natural formations in favor of anthropogenic formations. However, being a rural environment, populations depend on natural resources for their survival. The objective of this work is to quantify in space and time the degree of change undergone by the different land occupation units in the district of Kilibo. Satellite images from 2003, 2013 and 2022 served as a basis for establishing land use maps. GIS software such as arc-GIS 10.8 was used to process the images and extract the different land use maps. It emerges from this work that demographic growth, climatic deteriorations, the development of new economic activities to the detriment of vegetation contribute to a regressive degradation of natural formations, to the benefit of anthropogenic ones. It is important to rationalize land use through intensive agriculture, regulated urbanization and enforce standards for the exploitation of natural resources.

Keywords: GIS, Land use, demographic evolution, regression

ملخص:

تشهد منطقة كيليبو بشكل متزايد تراجعًا في التكوينات الطبيعية لصالح التكوينات البشرية. ومع ذلك، نظرًا لكونها بيئة ريفية، يعتمد السكان على الموارد الطبيعية من أجل بقائهم. الهدف من هذا العمل هو قياس درجة التغير في المكان والزمان التي تعرضت لها وحدات احتلال الأراضي المختلفة في منطقة كيليبو. وكانت صور الأقمار الصناعية من الأعوام 2003 و2013 و2022 بمثابة الأساس لوضع خرائط استخدامات الأراضي. تم استخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية مثل arc-GIS 10.8 لمعالجة الصور واستخراج خرائط استخدامات الأراضي المختلفة. يتبين من هذا العمل أن النمو الديمغرافي والتدهور المناخي وتطوير أنشطة اقتصادية جديدة على حساب الغطاء النباتي يساهم في التدهور التدريجي للتكوينات الطبيعية، لصالح التكوين البشري. ومن المهم ترشيد استخدام الأراضي من خلال الزراعة المكثفة، تنظيم التحضر وإنفاذ معايير استغلال الموارد الطبيعية.

Table des matières

Dédicaces	
Remerciement	
Table des matières	
Cycle et Acronyme	
INTRODUCTION GENERALE	1
Chapitre I: Généralité sur la géomatique et les SIG	
1. Définition et objectif	6
1.1. Télédétection	7
1.2. Principaux satellites d'observations de la terre	7
1.3. Présentation des étapes de traitement de données en télédétection	8
1.4. Présentation des systèmes d'information géographique (SIG)	9
1.4.1. Composition d'un SIG	10
1.4.1.1. La base de données géographique (BDG)	10
1.4.1.2. La saisie numérique	10
1.4.1.3. La représentation cartographique	10
1.4.1.4. L'analyse spatiale	10
1.4.1.5. L'analyse statistique	11
1.5. Principales fonctions d'un SIG	11
1.6. Modes de représentation des données géographiques	12
1.6.1. Mode vecteur	12
a- Les points	13
b- Les lignes	13
c- Les polygones	13
1.6.2. Mode raster	13
1.7. Domaines d'applications des SIG	13
Chapitre II : Présentation de la zone d'étude	
Introduction :	16
2. Localisation géographique et administrative :	16
2.1. Localisation du Bénin dans l'Afrique	16
2.1.1. Localisation de la zone d'étude	17
2.1.2. Historique de l'arrondissement de Kilibo	18
2.2. Contexte géomorphologique :	19

2.2.1. La topographie :	19
2.2.2. La pente	20
2.2.3. Le réseau hydrographique :	22
2.3. Contexte climatique :	23
2.3.1. Température :	23
2.3.2. Les précipitations	24
2.4. Relief et nature des sols :	26
2.5. Les modes d'accès au foncier dans l'arrondissement de Kilibo :	28
2.6. Contexte socio-économique :	28
2.6.1. La population :	28
2.6.2. Structure de la population par âge en 2013	30
2.6.3. Structure de la population par sexe :	30
2.6.4. L'habitat	31
2.7. Activités économiques :	31
2.7.1. Activités agricoles :	31
2.7.2. Elevage	34
Conclusion :	36

Chapitre III: l'apport de l'imagerie satellitaire dans l'étude de l'interaction Homme-Environnement.

INTRODUCTION	38
3. L'acquisition d'imagerie satellitaire.....	38
3.1. Software utilisé.....	39
3.2. Méthodes de classification d'image en télédétection	39
3.2.1. La classification non supervisée :	40
3.2.2. Méthode de classification supervisée	41
3.3. Les étapes de traitement des images satellitaires	42
3.3.1. Correction radiométrique	42
3.3.3. Composition colorée des images	43
3.3.4. Extraction de la zone d'étude	43
3.3.5. Echantillonnage.....	44
3.3.6. Classification par Maximum de Vraisemblance des Images de 2003, 2015 et 2022 :	44
3.3.7. Synthèse des démarches de traitement d'image.	47
3.4. Résultat.....	48
3.4.1. Examen des statistiques des classes d'utilisation des terres de l'année 2003 :	48
❖ Terrain Agricole	49

❖ Sol Nu.....	49
❖ Tissu Urbain	49
❖ Végétation	50
❖ Note d'analyse de la classification 2003 :	50
3.4.2. Examen des Statistiques des Classes d'Utilisation des Terres de l'Année 2015 :	51
❖ Tissu Urbain	52
❖ Terrain Agricole	52
❖ Sol Nu.....	52
❖ Végétation	52
3.4.3. Examen des Statistiques des Classes d'Utilisation des Terres de l'Année 2022 :	53
3.5. Étude Comparative de l'Évolution et de la Dégradation des Sols à Kilibo (2003, 2015, 2022). 54	
3.5.1. Analyse Comparative des Périodes 2003, 2015, et 2022	55
Évolution du Tissu Urbain	55
Évolution des Terrains Agricoles	55
Évolution des Sols Nus	56
Évolution de la Végétation.....	56
Conclusion de l'étude statistique des années 2003, 2015 & 2022 :	56
3.6. Impact du Réseau Routier sur la Dégradation des Forêts : Étude de Cas de l'Arrondissement de Kilibo, Bénin	57
3.6.1. Le réseau routier.....	57
3.6.2. Facilitation de l'Accès et de l'Exploitation	58
❖ Fragmentation des Habitats	58
❖ Augmentation des Incendies de Forêts.....	59
❖ Conversion des Terres	59
❖ Impact Environnemental et Écologique	59
❖ Étude de Cas Spécifique (2003, 2015 , 2022) :	59
3.6.3. Impact de l'Évolution Urbaine de l'Arrondissement de Kilibo sur la Dégradation des Zones Agricoles et des Forêts	60
❖ Expansion Urbaine et Conversion des Terres	60
❖ Déforestation et Perte de Biodiversité.....	61
❖ Dégradation des Zones Agricoles.....	61
❖ Impact Environnemental et Écologique	61
❖ Étude de Cas Spécifique.....	61
❖ Mesures de Correction et Gestion Durable	62
3.7. Impact de l'Évolution Démographique à Kilibo sur la Dégradation des Sols	62

❖ Contexte Démographique.....	62
❖ Évolution de l'Utilisation des Terres	63
3.7.1. Impact de l'Évolution Démographique sur la Dégradation des Sols	63
3.7.2. Conséquences Environnementales	64
3.7.3. Mesures de Mitigation.....	64
CONCLUSION GENERALE.....	66
BIBLIOGRAPHIE	69
Webographie :	72
❖Liste des tableaux	73
❖Liste des cartes	73
❖Liste des figures.....	74
❖Liste des images	74
❖Liste des photos	75

Cycle et Acronyme

% : Pourcentage

BM : Banque Mondiale

C.N.I.G : conseil national de l'information géographique

CCT : Centre canadienne de la télédétection

ESRI : Environnemental Systems Research Institute

ETM : Enhanced Thematic Mapper

Ha : Hectare

INSAE : Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique

Km : Kilomètre

NDVI : Indice de Végétation Normalisé

ODM : Objectifs de Développement du Millénaire

OIT : Organisation International du travail

OLI : Operational Land Imager

PAGeFCom : Projet d'Appui au Développement des Moyennes Entreprises

PGTRN : Projet de Gestion des Ressources Naturelles

PIB : Produit Intérieur Brut

PIR : Proche Infrarouge

R : Rouge

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitation

SDAC : Schéma Directeur d'Aménagement Communal

SGBD : Système de Gestion de Base de Données

SIG : Système d'Information Géographique

SPOT : Satellite pour l'Observation de la Terre

ST : Superficie Totale

TIRS : Thermal InfraRed Sensor

TTK : Tchaourou-Toui-Kilibo

INTRODUCTION GENERALE

L'environnement est défini comme « l'ensemble des éléments (biotiques ou abiotiques) qui entourent un individu ou une espèce et dont certains contribuent directement à subvenir à ses besoins » [DON 2016]. La société humaine s'est développée de façon très rapide, en particulier depuis la révolution industrielle, au dix-huitième siècle. Parallèlement à cette accélération, son environnement a également évolué du fait des activités humaines telles que le développement industriel, l'utilisation des combustibles fossiles, le déboisement, l'urbanisation et autres utilisations du sol [WEI 2003].

En dépit des certains progrès réalisés vers les Objectifs de Développement du Millénaire(ODM), la faim, la pauvreté et l'insécurité alimentaire persistent, tandis que les principaux écosystèmes qui sous-tendent et entretiennent les ressources naturelles, continuent d'être épuisés et dégradés [LIN 2008]. Ces défis de développement et la pression sur les ressources naturelles qui en découle sont maintenant reconnus comme des problèmes de niveau mondial.

Ensuite l'homme dans le but de satisfaire à ces besoins a exploité plusieurs espèces végétales et en a cultivé en grand superficies. Aujourd'hui dans le monde entier, l'agriculture occupe la première place et aussi un facteur essentiel de croissance économique car en 2018, elle représente 4% du PIB mondial et, dans certains pays en développement parmi les moins avancés, sa part peut dépasser 25% du PIB(BM). L'agriculture est le berceau de l'activité humaine [GEO 2016] car, selon un article publié par le directeur du bureau de programmation et de gestion de l'O.I.T le 29 Janvier 2013, plus de 60% de la population économiquement active d'Afrique travaillent et vivent de l'agriculture; plus d'un tiers de la valeur ajoutée totale vient de l'agriculture.

Au Bénin, l'agriculture est le premier du secteur économique après celui des services. Elle contribue pour 32,7 % en moyenne au PIB, 75 % aux recettes d'exportation, 15 % aux recettes de l'État et fournit environ 70 % des emplois [TAY 2016]. L'accroissement de la production agricole se traduit par une occupation massive de l'espace rural ce qui entraîne le rétrécissement des espaces vacants, l'infertilité des sols. En Afrique de l'ouest, le taux d'explosion démographique est compris entre les 3% par an en moyenne, l'un des taux les plus élevés au monde [SAM 2013].

Le Bénin a connu une explosion démographique ce qui devient une question importante aux autorités à divers niveaux. En effet depuis 1960, la population béninoise est passée de

Partie introductive

2.269.180 habitants à 3.331.210 en 1979. Du premier au troisième recensement général de la population et de l'habitat, en période de 23ans, cette population a augmenté de 6.769.914 habitants en 2002 et continuer a augmenté pour atteindre les 14.192.247 habitants en 2025(INSAE, Projections démographique révisées, 2009).

La commune de Ouesse en générale et de l'arrondissement de Kilibo en particulier n'est pas resté en marge de cette explosion démographique ces dernières années qui se caractérise par un taux élevé de fécondité, de natalités et d'immigration de point de vue de sa disponibilité en terre cultivable. Ce phénomène entraine une énorme pression sur cette zone

Par ailleurs, la possibilité offerte par la télédétection spatiale d'observer de façon continue la surface de la Terre a permis de créer de grandes bases de données dont l'exploitation fournit des informations sur l'état des ressources naturelles, des écosystèmes locaux et de leur évolution [IBR 2020]. De même, le suivi de l'occupation du sol est indispensable pour établir un diagnostic et mieux comprendre les causes de la modification du couvert végétal, ses conséquences et également pour toutes les affectations des terres. À ce titre, les cartes d'occupation et de changements du sol constituent de véritables outils de planification et d'aide à la décision surtout en matière de gestion et de préservation des ressources naturelles et des écosystèmes [IBR 2020].

En effet, pour atteindre à ces analyses, plusieurs approches méthodologiques capables d'exploiter au mieux les images satellitaires existantes. Parmi celles-ci, l'analyse multi-temporelle de l'occupation du sol, considérée comme l'une des plus utilisées [COH 1998], réside dans sa capacité à prendre en compte la répartition spatiale des changements [FRA 2002] et la reconnaissance des objets terrestres par des produits cartographiques est une information indispensable dans l'évaluation des interactions entre l'homme et son milieu [NOU 2019]. Ainsi, pour mieux gérer l'utilisation des terres, les informations issues de l'analyse de l'occupation du sol sont toujours essentielles dans la recherche des politiques appropriées.

C'est de ce point que notre thématique se base sur la l'apport de la géomatique dans l'étude de l'interaction Homme-Environnement dans l'arrondissement de Kilibo.

Cette recherche est structurée en trois chapitres :

- ❖ Le premier a été consacré sur les généralités de la géomatique et les SIG,
- ❖ Le second présentera la zone d'étude et les composantes physiques et humaines,

Partie introductive

- ❖ Le troisième sur l'apport de l'imagerie satellitaire dans l'étude de l'interaction Homme-Environnement,

Problématique

Améliorer la condition de vie des populations de la commune de Ouessè en général et de l'arrondissement de Kilibo en particulier, nécessite de maîtriser la croissance démographique et d'établir un équilibre entre l'homme et les ressources naturelles, afin d'atteindre un véritable développement durable. Pour cela, les organisations internationales et régionales concernées par la protection de l'environnement et les Etats, ont été obligées de faire des conventions, des lois et des règlements locaux dans le but de sauvegarder l'environnement et ses constituantes, l'amélioration et prévention de la dégradation ou de contamination et la réduction du degré de pollution. C'est le cas de la loi n° 98-030 du 12 février 1999, portant loi-cadre sur l'environnement en République du Bénin. Cette loi vise à protéger l'environnement, notamment prévenir et anticiper les actions de nature à avoir des effets immédiats ou futurs sur la qualité de l'environnement, faire cesser toute pollution et dégradation ou tout au moins en limiter les effets négatifs sur l'environnement, promouvoir l'assainissement dans le but d'améliorer le cadre de vie, surveiller étroitement et en permanence la qualité de l'environnement.

En effet, la croissance forte de la population dans l'arrondissement de Kilibo crée malheureusement d'énormes problèmes au fur et à mesure que les besoins augmentent et la dégradation des sols se fait sentir. De même, la multiplication des logements et la dégradation d'espace naturel brisent le lien entre l'homme et la nature [MAG 2018]. C'est cette situation de dégradation de la qualité du cadre de vie dans la commune de Ouessè en générale et dans l'arrondissement de Kilibo en particulier devenue l'une des préoccupations majeures des autorités communales et des urbanistes qui a permis de définir certaines perspectives de développement à travers le SDAC(Schéma Directeur d'Aménagement Communal) de Ouessè. Ce document préconise l'amélioration du cadre de vie grâce à une meilleure gestion des déchets solides et liquides (déchets industriels, etc.), de l'environnement (pollution sonore, atmosphérique), la gestion durable des ressources naturelles et une protection efficace de l'environnement.

Ensuite, l'agriculture est la principale source de revenu et d'alimentation pour près de 90% de la population de l'arrondissement de kilibo et celle-ci est d'une agriculture essentiellement extensive sur brûlis [SOU 2013]. Cette surexploitation de l'homme sur la terre entraine à son retour une dégradation massive de la biodiversité.

Partie introductive

Pour mieux comprendre ces faits, nous feront appel à la géomatique qui regroupe l'ensemble des outils et des méthodes permettant de représenter, d'analyser et d'intégrer des données géographiques. C'est dans ce sens, qu'une question fondamentale se pose : Comment la géomatique peut –elle aider à mieux comprendre les interactions entre l'homme et l'environnement ?

De cette question, d'autres questions découlent les suivantes :

- Quelle analyses à mener pour évaluer la croissance démographiques de l'arrondissement de Kilibo ?
- Quel impact cette croissance démographique a sur l'environnement ?

De tout ce qui précède, ces interrogations nous amènent à définir les objectifs généraux et spécifiques.

L'objectif de cette étude est d'explorer l'apport de la géomatique dans l'étude de ces interactions complexes entre l'homme et l'environnement à Kilibo. En combinant l'utilisation d'images satellitaires, de données de terrain et d'analyses spatiales, cette recherche vise à fournir une compréhension détaillée des dynamiques d'occupation des sols et des impacts environnementaux associés. De plus, elle ambitionne de proposer des solutions innovantes et durables pour la gestion des ressources naturelles et l'aménagement du territoire dans cette région. De façon spécifique, il s'agit :

- ❖ Analyser l'évolution de la population dans la zone d'étude
- ❖ Déterminer les impacts de cette croissance démographique sur l'environnement

Pour la mise en œuvre de ces objectifs spécifiques, des hypothèses ont été formulées.

- ✓ La croissance démographique de l'arrondissement de Kilibo est principalement influencée par un taux de natalité élevé et des flux migratoires positifs, ce qui entraîne une augmentation constante de la population.
- ✓ La croissance démographique de Kilibo entraîne une pression accrue sur les ressources naturelles contribuant ainsi à la dégradation de l'environnement local.

Chapitre I

Généralité sur la géomatique et les SIG

1. Définition et objectif

Bergeron dans son Vocabulaire de la géomatique définit la géomatique comme : «Une discipline ayant pour objet la gestion des données à référence spatiale par l'intégration des sciences et des technologies reliées à leur acquisition, leur stockage, leur traitement et leur diffusion », dont Bergeron donne une liste «les mathématiques, la physique, l'informatique, la topométrie, la cartographie, la géodésie, la photogrammétrie et la télédétection». Donc, le terme géomatique est relativement nouveau qui dérive de Géo, c'est la terre et Matique qui veut dire informatique. Ce sont finalement des technologies de l'information au service de la géographie et toutes les données qui touchent le domaine spatiale.

Elle regroupe au moins trois activités distinctes : la collecte des données géographiques, le traitement de ces données et la diffusion de celles-ci. Les outils informatiques apparaissent indispensables à ces trois activités. La géomatique est donc bien la discipline où la géographie (les données géographiques) et l'informatique sont indissociables [GUE 2020]. C'est un domaine qui fait appel aux sciences et aux technologies de mesure de la terre. C'est une discipline regroupant les pratiques, méthodes et technologies qui permettent de collecter, analyser et diffuser des données géographiques. "Données spatiales" "données géo-spatiales". Cette discipline est appliquée à de nombreux domaines tels que l'aménagement du territoire, la prévention des risques naturels ou encore la gestion des ressources naturelles et de l'urbanisme, l'environnement (les problèmes environnementaux) [ABD 2014].

De façon générale, la géomatique vise à :

- ❖ Définir les bases de la référence spatiale ;
- ❖ Développer et utiliser les méthodes, techniques et outils pour localiser et mesurer les différents éléments du territoire, existants ou les mettre en place ;
- ❖ Intégrer ou rendre intégrables les données obtenues en fonction des systèmes de référence choisis (modélisation mathématique pour transformer un besoin du monde réel) ;
- ❖ Offrir des données et informations de qualité ;
- ❖ Améliorer leur traitement, stockage et diffusion grâce à l'informatique ;
- ❖ Analyser différents scénarios décisionnels à partir des informations obtenues en tirant profit des méthodes mathématiques d'optimisation (analyse multi variée, recherche opérationnelle...) [C.C.T, 1999].

Par ailleurs, les outils SIG et télédétection sont désormais devenus nécessaires pour les études thématiques à l'échelle régionale. Ce sont deux atouts qui, grâce aux avantages qu'ils offrent, se sont imposés et devenus des techniques efficaces pour la gestion de l'espace et les études d'aménagements. Dans ce cadre, ces deux outils sont très complémentaires et permettent :

- ❖ L'acquisition des données multi sources et multi-temporelles ;
- ❖ La cartographie numérique ;
- ❖ Le suivi et l'analyse des données ;
- ❖ La restitution de produits d'aide à la décision.

Parmi les disciplines de la géomatique, on peut citer par exemple,

- La télédétection ;
- Les systèmes d'information géographiques ;
- La cartographie.

1.1. Télédétection

La définition par la commission ministérielle canadienne de terminologie de la télédétection aérospatiale publiée au journal officiel canadien le 11 décembre 1980 est : « la télédétection regroupe l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour l'observation, l'analyse, l'interprétation et la gestion de l'environnement à partir de mesures et d'images obtenues à l'aide de plates-formes aéroportées, spatiales, terrestres ou maritimes. Ceci suppose l'acquisition d'informations à distance, sans contact direct avec l'objet détecté » [C.C.T 1999]. Egalement, [GUE 2020] la définit comme « l'ensemble des techniques qui permettent par l'acquisition d'images d'obtenir de l'information sur le système: (terre / océan / atmosphère) sans contact direct avec celui-ci. Ceci se fait à l'aide d'un satellite de télédétection ». Elle vise à caractériser la nature des phénomènes terrestres que montrent les images

1.2. Principaux satellites d'observations de la terre

On distingue les satellites géostationnaires placés sur une orbite équatoriale à 35800 km d'altitude. Ceux-ci sont généralement des satellites météorologiques. Les satellites de télédétection à défilement ont une orbite quasi-circulaire polaire à une altitude située entre 700 et 900 km [ABD 2014].

Ces satellites ont une orbite héliosynchrone, c'est –à-dire que le satellite survole une latitude donnée à une heure locale sensiblement constante d'une révolution à l'autre. Ceci permet de bénéficier d'un éclairage solaire assez peu variable. Le satellite américain LANDSAT, le satellite ASTER. Le satellite français SPOT et le satellite algérien ALSAT1 appartiennent à cette catégorie [GIR 2000].

1.3. Présentation des étapes de traitement de données en télédétection

Les réflectances enregistrées par les capteurs sont transmises à des stations de réception terrestres, soit en temps réel (directement ou via un autre satellite) soit en temps différé (lorsque le satellite arrive « en vue » d'une station de réception). Dans tous les cas, les données transmises se présentent sous la forme brute d'un flux de données qui doit être traité avant d'être délivré à des utilisateurs [ESC 1999]

a)Prétraitement des images satellitaires

Les prétraitements sont des opérations réalisées sur les images de télédétection avant l'analyse et l'interprétation des images. Les corrections visent à compenser les perturbations de la radiométrie et la géométrie de l'image intervenant lors de la prise de vue.

La mise au point d'une méthode concertée de surveillance par télédétection suppose un certain nombre d'étapes techniques incontournables. Parmi celles-ci, les corrections géométriques et radiométriques sont fondamentales pour la détermination de changements [ESC 1999].

b) Les corrections radiométriques

Les données radiométriques acquises par un capteur satellitaire sont affectées par un certain nombre de facteurs tels que les caractéristiques du capteur et l'état de l'atmosphère. Le passage des données brutes enregistrées par le capteur aux images corrigées de ces facteurs se fait en quatre étapes [BOU 1999]:

- 1.** Tout d'abord, il faut éliminer les perturbations dues à l'instrumentation pour rétablir les contrastes existant entre les objets ;
- 2.** Ensuite, les données brutes sont transformées en grandeurs physiques par l'introduction de coefficients d'étalonnage (étalonnage absolu) et par la prise en compte des conditions d'acquisition (orientation et inclinaison de la visée, position de soleil, résolution spectrale

et spatiale). Les données obtenues sont alors exprimées en réflectance apparente au niveau du satellite ;

3. La troisième étape consiste à éliminer les perturbations induites par l'atmosphère (correction atmosphérique) afin d'obtenir la réflectance des objets au niveau du sol. Les données ainsi obtenues sont relatives à une surface fictive, plane et horizontale en supposant un éclairage uniforme et constant ;

4. Enfin, des corrections au niveau de la topographie (correction topographiques) sur l'éclairage sont effectuées pour acquérir des caractéristiques optiques réelles de la surface.

Les effets dus aux instruments étant corrigés avant la distribution des images par les fournisseurs, seules les trois dernières étapes ont dû être réalisées [BOU 1999].

c) Les corrections géométriques

Il reste de corriger les déformations géométriques de l'image dues à plusieurs sources d'erreurs. Ces corrections sont nécessaires pour plusieurs raisons. Tout d'abord, les données enregistrées par le capteur du satellite ne sont pas présentées dans une projection cartographique courante, rendant difficile la comparaison avec des données géo-référencées comme les cartes thématiques, de plus, ces corrections sont essentielles pour comparer et superposer une série d'images. Les méthodes de correction géométrique appliquées aux images numériques de télédétection peuvent être classées en deux grandes catégories : les méthodes de corrections à partir des paramètres du satellite et les méthodes de corrections par référence à des points de coordonnées connues dans un autre système [BOU 1999].

1.4. Présentation des systèmes d'information géographique (SIG)

Les systèmes d'information géographique (SIG) sont, historiquement, nés du croisement de la cartographie assistée par ordinateur et des systèmes de gestion de base de données (SGBD) [SIT 2006].

Appelés GIS (Géographique Information System) dans le monde anglophone, ils sont, depuis 1988, définis aux Etats-Unis comme des « systèmes informatiques de matériels, de logiciels et de processus conçus pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion ». En France, la définition, est adoptée par le conseil

national de l'information géographique (C.N.I.G.1) en 1990. Les S.I.G sont des « ensembles de données repérées dans l'espace et structurées de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision » [SIT 2006].

1.4.1. Composition d'un SIG

Le SIG est composé, d'une part, de la base de données géographiques, et d'autre part, d'un ensemble d'outils permettant l'utilisation de celle-ci.

1.4.1.1. La base de données géographique (BDG)

Elle est constituée d'un ensemble numérique de « cartes » et d'information associée. Comme cette base de données décrit des objets à la surface de la terre, elle est composée de deux éléments : une base de données décrivant les objets spatiaux (localisation, forme) et un autre définissant les caractéristiques thématiques (attributs) de ces objets [SIT 2006].

1.4.1.2. La saisie numérique

La saisie numérique d'une information à caractère spatial telle que les documents cartographiques constitue un autre système de base. Celui-ci permet de convertir l'information analogique d'une carte en une information numérique [PRA 2003]

1.4.1.3. La représentation cartographique

Elle permet de sélectionner des éléments de la BDG et de les représenter cartographiquement à l'écran ou à l'imprimante.

1.4.1.4. L'analyse spatiale

L'analyse spatiale de l'information est une extension des capacités d'interrogation des bases de données traditionnelles, en prenant en compte la localisation des observations [ABD 2014]. L'exemple le plus simple consiste à combiner dans une requête la présence conjointe de deux caractéristiques spécifiques à deux ensembles d'objets spatiaux distincts. Un SIG est nécessaire car il permet de considérer le recouvrement spatial d'entités. La procédure, appelée recouvrement ou superposition, correspond à l'opération manuelle de superposition d'une carte transparente et d'une seconde carte. A l'instar du SGBD, le système d'analyse spatiale a une liaison bidirectionnelle avec la BDG pour permettre un traitement de type analytique.

Ainsi, il prélève à la fois de l'information de la BDG et la complète à l'aide des résultats de l'analyse. Ainsi, les capacités analytiques d'un système d'analyse spatiale et du SGBD

jouent un rôle essentiel dans l'extension de la base de données, au travers des connaissances sur les relations qui existent entre les objets. Bien que la notion de superposition soit le mot-clé des SIG, l'analyse spatiale assistée par ordinateur a beaucoup évolué et propose des opérations bien plus riches et complexes [SIT 2006].

1.4.1.5. L'analyse statistique

Des outils de statistique descriptive de données spatiales ont été développées pour prendre en compte le caractère spatial des données et aussi parce que ce type de données pose des problèmes particuliers d'application des procédures classiques [SIT 2006].

1.5. Principales fonctions d'un SIG

Les systèmes d'information géographique peuvent être constitués pour répondre à différentes demandes. Comme le système universel n'existe pas, il faut les adapter selon les objectifs fixés. Toutefois ils ont en commun des fonctionnalités que l'on retrouve dans chaque système regroupées en 5 familles sous le terme des « 5A »: Abstraction, Acquisition, Archivage, Affichage et Analyse [MAR 2002]

a) Abstraction : modélisation du réel selon une certaine vision du monde.

b) Acquisition : intégration et échange de données. (Import-export). L'acquisition des données est faite par trois types :

- Digitalisations : la numérisation des plans cartographiques scannés par l'ordinateur ou la table a digitalisé.

- Scanner : les cartes, les photos aériennes sont introduites sous forme des données raster.

- Clavier : la saisie des données attributaires.

c) Archivage : structuration et stockage de l'information géographique sous forme numérique.

d) Affichage : représentation et mise en forme, notamment sous forme cartographique

e) Analyse : analyse spatiale (calculs liés à la géométrie des objets, croisement de données thématique...)

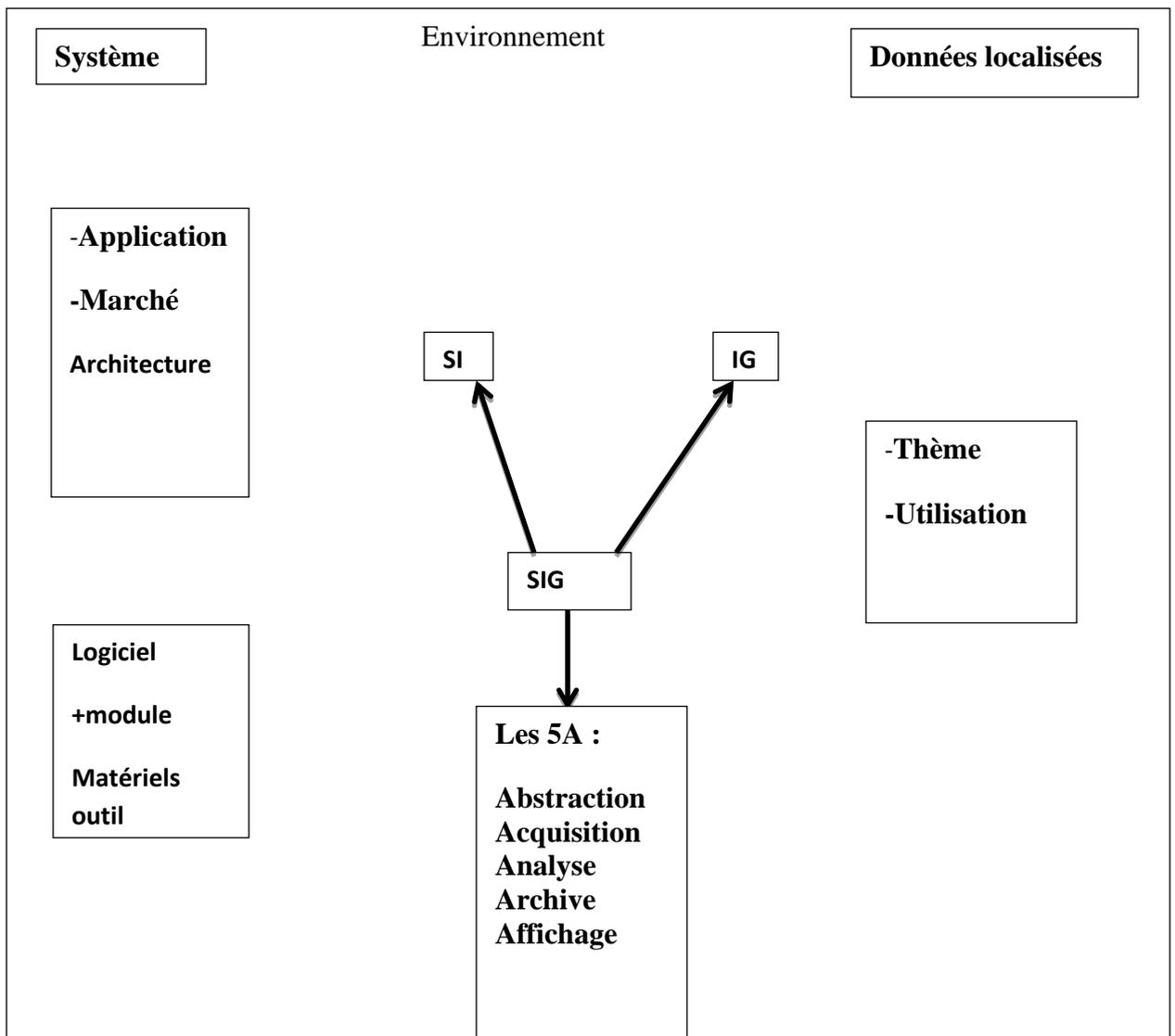


Figure1 : Les fonctions d'un système d'information géographique [MAR 2002]

1.6. Modes de représentation des données géographiques

Les données spatiales sont représentées dans un SIG suivant deux modes : vecteur ou raster (figure 2).

1.6.1. Mode vecteur

En mode vecteur, les objets sont définis par des points, par des arcs ou des polygones. A chaque objet est alors assigné un identifiant unique, à travers lequel lui sont associées des caractéristiques attributaires quantitatives et /ou qualitatives. Le mode vecteur est de ce fait plus adapté à la représentation de variables discrètes. Il permet de représenter les objets tels qu'on les perçoit dans le monde réel [SIT, 2006]

a- Les points

Ils définissent des localisations d'éléments séparés pour des phénomènes géographiques trop petits pour être représentés par des lignes ou des surfaces qui n'ont pas de surface réelle comme les points cotés.

b- Les lignes

Les lignes représentant les formes des objets géographiques trop étroits être décrits des surfaces (ex : rue ou rivières) ou des objets linéaires qui ont une longueur mais pas de surface comme les courbes de niveau.

c- Les polygones

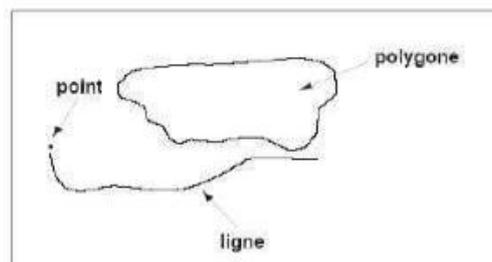
Ils représentent la forme et la localisation d'objets homogènes comme des pays, des parcelles, des types de formation végétales.

1.6.2. Mode raster

Les données sont stockées sous forme des cellules de taille et de forme identiques pour représenter l'espace, en le découpant de manière. Généralement de forme carrée, les cellules(ou pixels) sont organisées en lignes et colonnes. A chaque pixel correspond une valeur unique. Les images satellitaires ou scannées sont des exemples de données représentées en mode raster [SIT 2006].



Mode raster



Mode vecteur

Figure2: Les modes de représentation des données géographiques [SIT 2006]

1.7. Domaines d'applications des SIG

Les domaines d'application des SIG sont nombreux que variés [ABD 2014] tels que :

- ❖ **La protection de la nature** : mesure de la dégradation des écosystèmes (désertification, incendies de forêt) et évaluation des risques futurs dus aux pollutions.

- ❖ **La géomorphologie** : pour évaluer les effets d'érosions afin de déterminer la façon la plus efficiente d'intervenir.
- ❖ **La socio économie** : impact des activités entropiques (surpâturage, surexploitation, etc..) sur la dégradation de la couverture végétale.
- ❖ **La foresterie** : analyse et suivi de la biodiversité, cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture.
- ❖ **Tourisme** : gestion des infrastructures, itinéraires touristiques.
- ❖ **Planification urbaine** : cadastre, voirie, réseaux assainissement.
- ❖ **Protection civile** : gestion et prévention des catastrophes.
- ❖ **Transport** : planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires.
- ❖ **Hydrologie** : planification et gestion des réseaux hydriques.

Chapitre II

Présentation de la zone d'étude

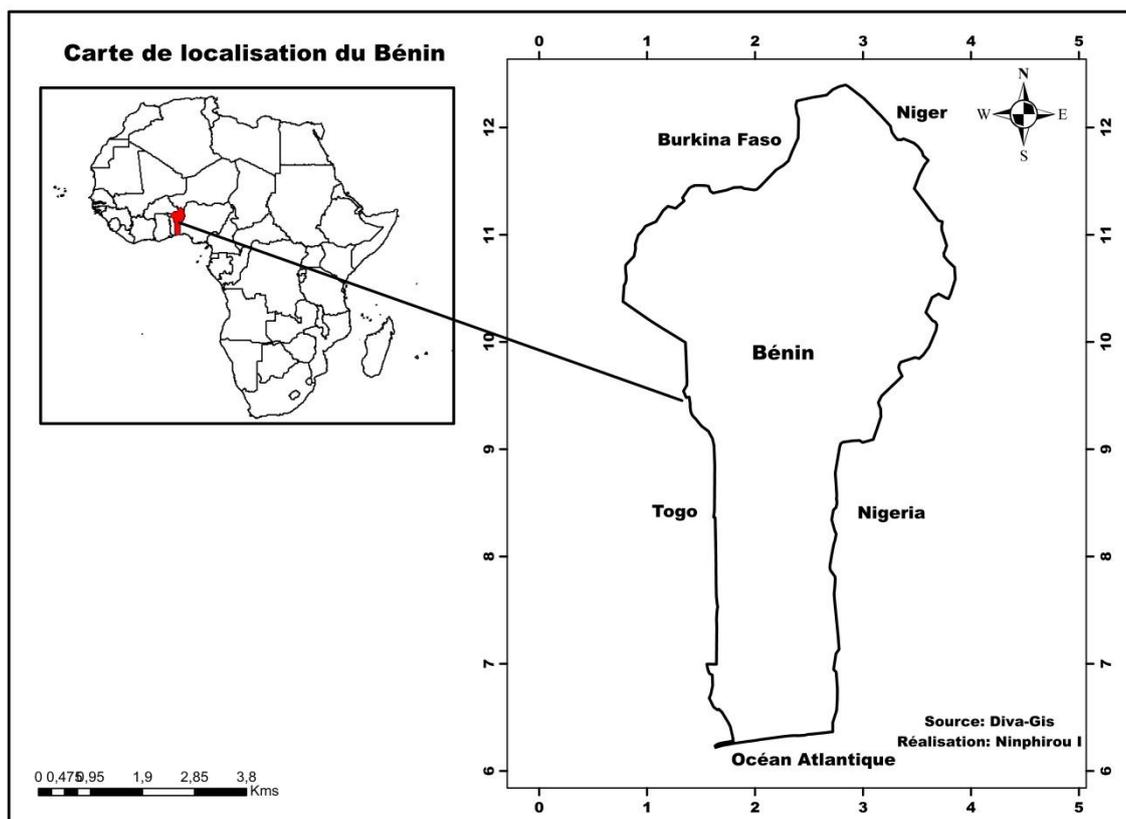
Introduction :

Ce chapitre vise à donner un aperçu général de la région d'étude, une description du secteur d'étude sur plusieurs aspects notamment les caractéristiques naturelles, climatiques et humain dans l'arrondissement de Kilibo.

2. Localisation géographique et administrative :

2.1. Localisation du Bénin dans l'Afrique

Selon La loi N° 97-028 du 15 janvier 1999 portant organisation de l'administration territoriale de la république du Bénin, le Bénin compte 12 départements, 77 communes et 545 arrondissements qui constituent le troisième niveau des unités administratives du Bénin. Le Bénin est situé en Afrique de l'ouest appelé Afrique occidentale et qui s'étend sur une superficie de 114 763 km². Il est limité au nord-Ouest par le Burkina Faso sur une distance de 386 km et le Niger sur une distance de 277 km dont 120 km sont délimités par le fleuve Niger, à l'est par le Nigeria sur une distance de 773 km, à l'ouest par le Togo sur une frontière d'environ 644 km et au sud par l'océan Atlantique. La langue officielle est le français



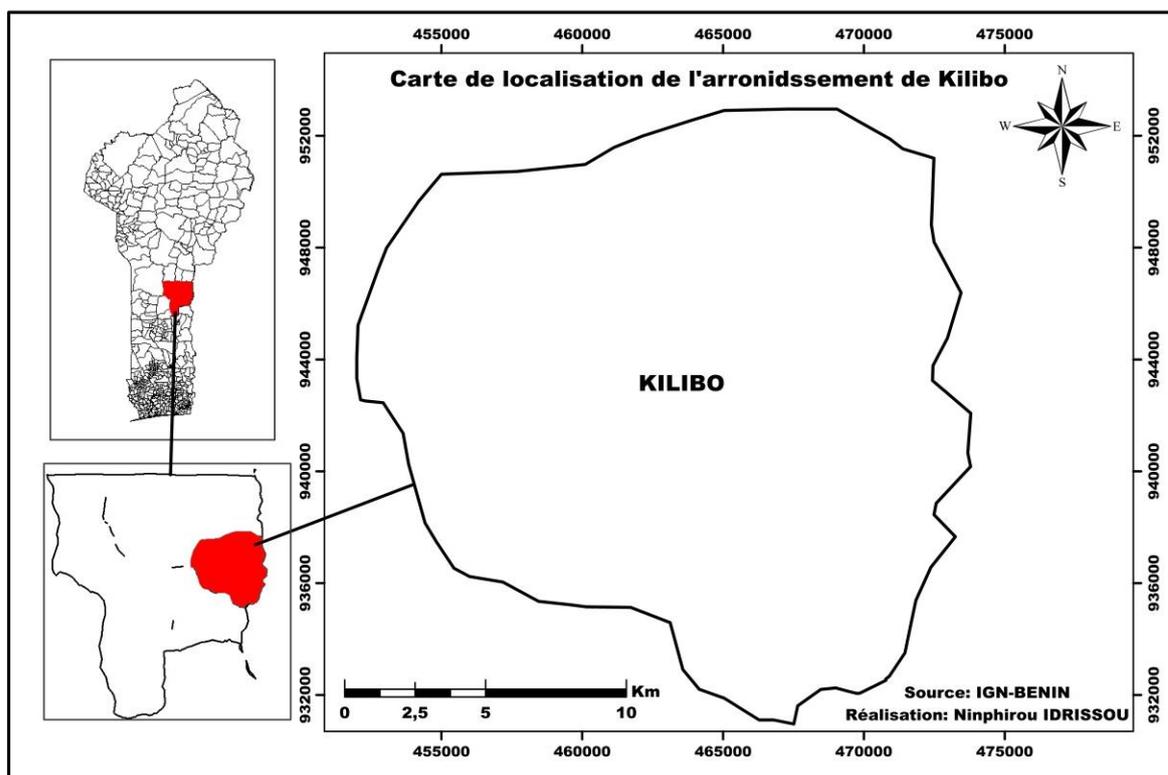
Carte1 : Carte de localisation du Bénin

2.1.1. Localisation de la zone d'étude

La loi N° 97-028 du 15 janvier 1999 portant organisation de l'administration territoriale de la république du Bénin, dans son article 34, La commune est divisée en arrondissements, sans personnalité juridique ni autonomie financière.

La commune Ouessè fait partie du département des collines et contient 9 arrondissements dont l'arrondissement (Kilibo, Toui, Kemon, challa-ogoi, Gbanlin, Odougba, Laminou, Ouesse, Djegbe).

L'arrondissement de Kilibo est l'un des neuf arrondissements de la commune de Ouessè située entre 8° 34'18'' Nord et 2°34'18'' Est et comporte 4 principaux villages dont Kilibo adjougou, Kilibo gare, Kilibo Olata et enfin Yaoui. Il est également un site historique important pour le peuple Shabè. Le site historique Etoo de Yaoui, situé dans cet arrondissement, est considéré comme une véritable « archive du sol », où des traces anciennes de peuplement sont encore visibles.



Carte 2: Carte de localisation de l'arrondissement de Kilibo

Il partage ces frontières au Nord avec l'arrondissement de Toui, au Sud avec celui de Challa-ogoi, à l'Ouest avec celui de Kemon et à l'Est avec la République Fédérale du Nigéria. Cette situation géographique justifie la diversité de ce milieu.

2.1.2. Historique de l'arrondissement de Kilibo

Avant l'arrivée des colonisateurs européens, Kilibo faisait partie des territoires occupés par divers royaumes et tribus locales. La région de Kilibo était marquée par une organisation sociale basée sur des chefferies locales et une économie principalement agraire. Les habitants de Kilibo vivaient principalement de l'agriculture, de la chasse et de la pêche.

Période coloniale

Pendant la période coloniale, la colonisation française a profondément marqué l'histoire de Kilibo. À la fin du XIXe siècle, le territoire béninois actuel, incluant Kilibo, est devenu une partie de la colonie française du Dahomey. Cette période a vu l'introduction de nouvelles structures administratives et économiques. Les Français ont instauré un système administratif centralisé, et Kilibo a été intégré à la commune de Ouèssè dans le département des Collines.

Pendant cette période, les habitants de Kilibo ont dû s'adapter aux nouvelles exigences des colonisateurs, notamment à travers la culture de nouvelles cultures commerciales destinées à l'exportation, telles que le coton et le palmier à huile. La construction d'infrastructures, telles que des routes et des écoles, a également marqué cette période, bien que souvent ces développements aient été réalisés au détriment des populations locales.

Période postcoloniale

Après l'indépendance du Bénin en 1960, Kilibo, comme le reste du pays, a entrepris un processus de décolonisation et de reconstruction nationale. Le nouvel État béninois a cherché à redéfinir son identité et à établir un gouvernement stable. Kilibo a continué à se développer en tant que partie intégrante de la commune de Ouèssè.

Aujourd'hui, Kilibo est constitué de plusieurs villages, dont Kilibo Adjougou, Kilibo Gare, Kilibo Olata et Yaoui. L'arrondissement a connu une évolution significative avec des initiatives locales visant à améliorer l'éducation, la santé et les infrastructures. Par exemple, des associations telles que l'Association Bénin-Monde (A.BE.MO) contribuent activement à l'amélioration des conditions de vie en offrant des kits scolaires aux meilleurs élèves de la région.

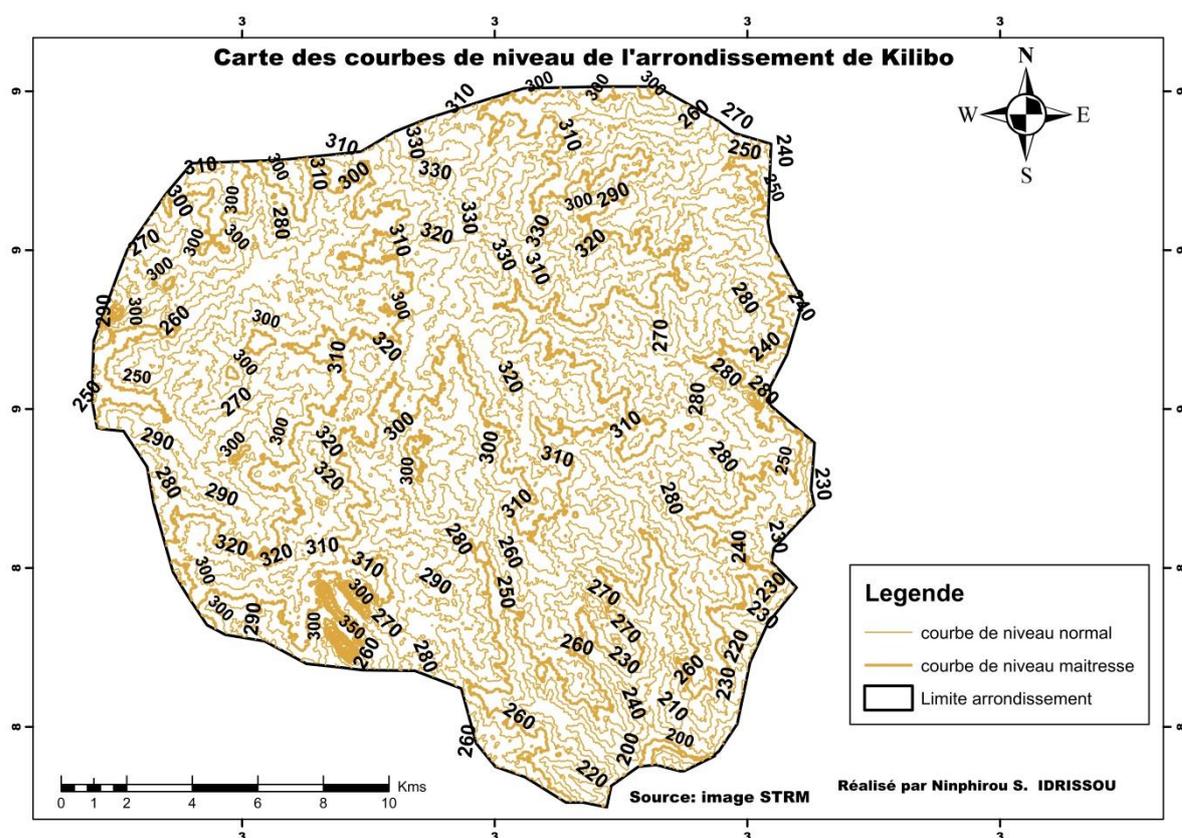
Comme beaucoup d'autres régions du Bénin, Kilibo fait face à des défis économiques et sociaux. L'agriculture reste la principale activité économique, mais elle est souvent affectée par les variations climatiques et les ressources limitées. Les efforts pour diversifier l'économie et améliorer l'accès à l'éducation et aux soins de santé sont en cours, avec le soutien du gouvernement et des organisations non gouvernementales.

2.2. Contexte géomorphologique :

2.2.1. La topographie :

La commune de Ouessè en général et l'arrondissement de Kilibo en particulier présente un relief constitué principalement de collines ondulantes, qui sont typiques de la région. Le terrain y est souvent accidenté, avec des altitudes variantes modérément, créant un paysage vallonné. Cette topographie influence fortement l'utilisation des terres et les pratiques agricoles locales. Le sol est principalement composé de formations sédimentaires avec une présence notable de marbre bleu, qui fait de la commune de Ouessè en général et de l'arrondissement de Kilibo en particulier la deuxième réserve mondiale de cette pierre précieuse. Cette richesse géologique offre un potentiel économique important pour la région, bien que l'exploitation reste limitée par les infrastructures disponibles.

La topographie de l'arrondissement de Kilibo est marquée par ses collines, ses cours d'eau abondants et ses sols riches en ressources naturelles comme le marbre bleu. Cette diversité géographique et historique fait de Kilibo une région unique au Bénin, offrant un mélange de potentialités agricoles, minières et culturelles.



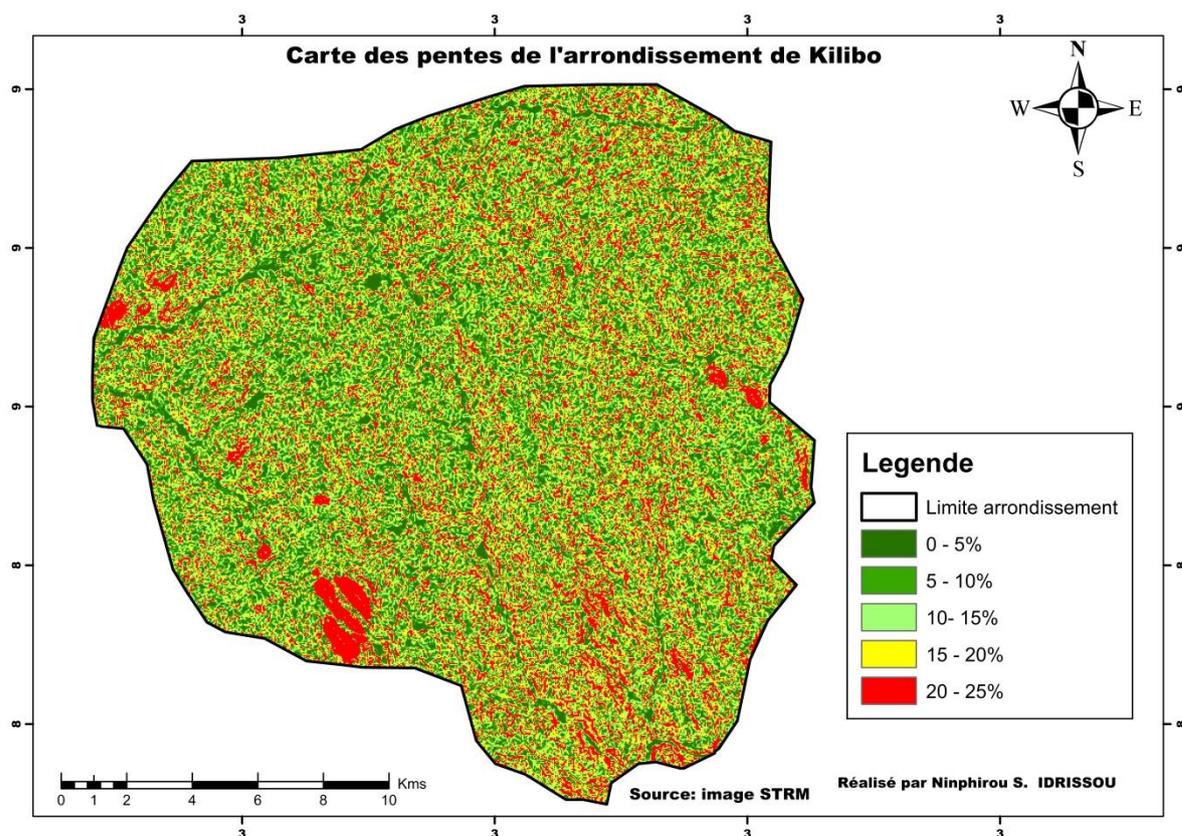
Carte 3 : Carte des courbes de niveau de l'arrondissement de Kilibo

La carte représente la topographie de la zone d'étude. Les altitudes varient de 200 mètres à 500 mètres dans cette région, indiquant une topographie relativement vallonnée ou montagneuse. De cette carte, l'espacement des lignes de contour donne une caractéristique sur l'état de chaque lieu. Les zones où les lignes de contour sont rapprochées indiquent des pentes raides et les zones où les lignes sont espacées montrent des pentes plus douces ou des terrains relativement plats.

Ensuite, La carte montre une région avec un relief varié, comportant à la fois des pentes douces et raides. Les altitudes plus élevées sont principalement situées dans les zones du centre-sud et de l'ouest de la carte. Les développeurs urbanistes peuvent utiliser cette carte pour déterminer les zones appropriées pour la construction, en évitant les pentes trop raides et pour la gestion des ressources naturelles afin d'identifier les zones sujettes à l'érosion ou ruissellement d'eau.

2.2.2. La pente

Une pente, en topographie, désigne l'inclinaison d'un terrain entre deux points, exprimée par le rapport entre la dénivellation (différence d'altitude) et la distance horizontale séparant ces points (www.wikipedia.com). Elle représente l'angle formé entre la surface du sol et un plan horizontal. Notre zone d'étude est définie par une série de pentes modérées à raides, ce qui est typique de la région des Collines. Le relief est formé par des collines qui se succèdent et des vallées qui s'entrecroisent, créant ainsi un paysage varié et dynamique.



Carte 4 : La carte des pentes de l'arrondissement de Kilibo

La carte ci-dessus représente la pente de la zone d'étude. Les zones en vert (0- 5%, 5- 10% et 10- 15%) sont des zones de faible pente ou terrains relativement plats. Ces zones sont généralement plus adaptées pour l'agriculture, la construction et d'autres activités nécessitant des terrains plats. De plus, celles en jaune sont des zones de pente modérée (15- 20 %). Ces zones peuvent être adaptées pour certaines activités, mais peuvent nécessiter des mesures supplémentaires pour l'aménagement ou la construction et enfin les zones en rouge sont des zones de forte pente (20- 25%). Ces zones sont souvent moins adaptées pour la construction et peuvent présenter des risques d'érosion ou de glissements de terrain. Elles sont souvent protégées ou laissées à l'état naturel.

Par ailleurs, on constate une prédominance de zones à faible pente (vert), avec des zones dispersées de pente modérée à forte (jaune et rouge). Les zones rouges, qui indiquent les pentes les plus raides, sont présentes dans plusieurs endroits de la région, surtout concentrées dans le sud et l'ouest.

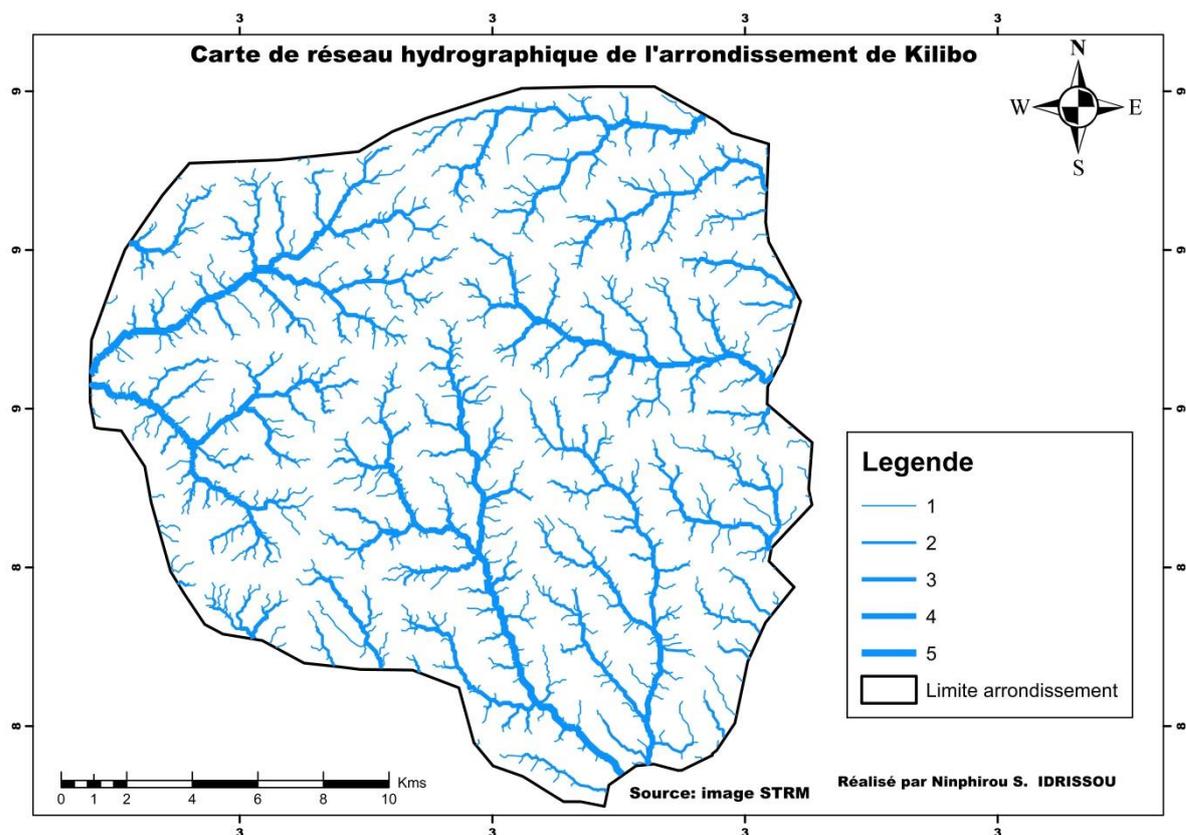
Enfin, Les pentes influencent non seulement les types de cultures et les pratiques agricoles, mais aussi la gestion des ressources naturelles telles que l'eau et les sols. Une bonne compréhension et gestion de ces pentes sont essentielles pour le développement durable de

l'arrondissement et Les zones rouges nécessiteront probablement des études supplémentaires pour évaluer les risques avant toute intervention.

2.2.3. Le réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique est un ensemble hiérarchisé et structuré de chenaux qui assurent le ruissellement des eaux superficielles, permanentes ou temporaires, dans un bassin versant ou dans une région donnée [NOU 2019].

L'arrondissement de Kilibo est parcouru par plusieurs cours d'eau et affluents. Les principaux cours d'eau de l'arrondissement de Kilibo sont Tomi, Oloyoko, Ofatouka, Amadougba, Adjinninmonko, Gbougbou, Kilibo, et l'Okpara. Ces cours d'eau sont des sous-affluents des principaux fleuves du pays, contribuant ainsi à l'approvisionnement en eau de la région. Parmi les cours d'eau notables, on trouve les affluents qui alimentent la forêt classée de Tchaourou - Toui - Kilibo, une zone forestière protégée et d'importance écologique. Ces cours d'eau jouent également un rôle crucial dans l'agriculture locale et le quotidien des habitants. Les rivières locales contribuent à la fertilité des terres, facilitant la culture de diverses plantations.



Carte 5 : Le réseau hydrographique de l'arrondissement de Kilibo

La carte représente le réseau hydrographique de notre zone d'étude. Les lignes bleues épaisses indiquent les principaux cours d'eau. Ils traversent la région permanemment, formant le réseau principal de drainage et les lignes bleues plus fines représentent les affluents des cours d'eau principaux. Ces affluents augmentent progressivement en nombre et en complexité à mesure qu'ils se déplacent vers l'amont.

Ensuite, Le réseau hydrographique montre la direction générale du flux de l'eau, probablement descendant du nord-ouest vers le sud-est, en suivant la topographie de la région. De plus, La carte montre une densité variable du réseau hydrographique, avec une concentration plus élevée de cours d'eau dans le centre nord, nord-ouest et sud-ouest, ce qui peut indiquer des régions de précipitations plus élevées ou des zones avec un drainage plus actif.

Enfin, Les cours d'eau de l'arrondissement de Kilibo sont utilisés pour diverses activités locales, y compris l'agriculture, la pêche et l'irrigation. L'accès à l'eau douce est vital pour les communautés de l'arrondissement.

2.3. Contexte climatique :

2.3.1. Température :

Le tableau ci-dessous représente la température (maximale et minimale) moyenne mensuelle de l'arrondissement de Kilibo.

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
Max temp (C°)	34	33	34	34	30	29	30	29	30	31	32	34
Min temp (C°)	24	26	27	27	25	24	25	23	24	25	25	24

Tableau 1: Température moyenne mensuelle de 2015-2020

Source : <https://www.meteobenin.bj>

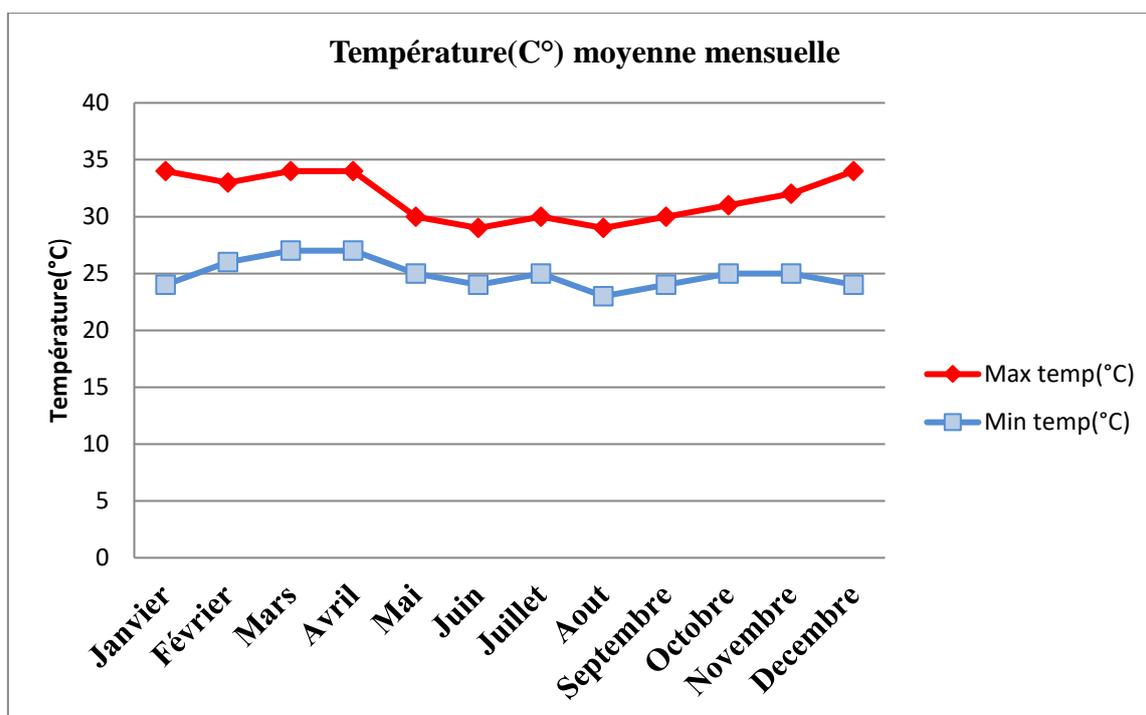


Figure 3 : Température annuelle de 2015 à 2020

La figure ci-dessus montre la température annuelle dans l'arrondissement de Kilibo. L'arrondissement de Kilibo bénéficie d'un climat chaud avec des températures élevées pendant la journée et des nuits modérément fraîches. La température maximale est de 34 C° et janvier est le mois le plus chaud au Bénin en général et en particulier dans l'arrondissement de Kilibo avec une température de 34 C°. Le mois le plus froid à Kilibo est le mois de Juillet avec une température de 29 C°.

Selon les données de la météo, on compte 227 jours secs et 137 jours de pluie et de 0 neige. La meilleure période pour visiter Kilibo est de mai à novembre. Pendant cette période, nous avons une température chaude et presque pas de précipitations.

Les températures élevées, atteignant fréquemment entre 35 et 37 C°, favorisent la culture de diverses plantes tropicales telles que le maïs, le manioc et les arachides. Ces conditions climatiques permettent plusieurs cycles de culture par an, augmentant ainsi la productivité agricole dans la zone d'étude.

2.3.2. Les précipitations

Mois	Jan	Fev	Mar	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
P(mm)	9	15	11	13	25	59	64	35	46	22	14	6

Tableau 2: Pluviométrie moyenne annuelle (2015-2020) de l'arrondissement de Kilibo

Source : <https://www.meteobenin.bj>

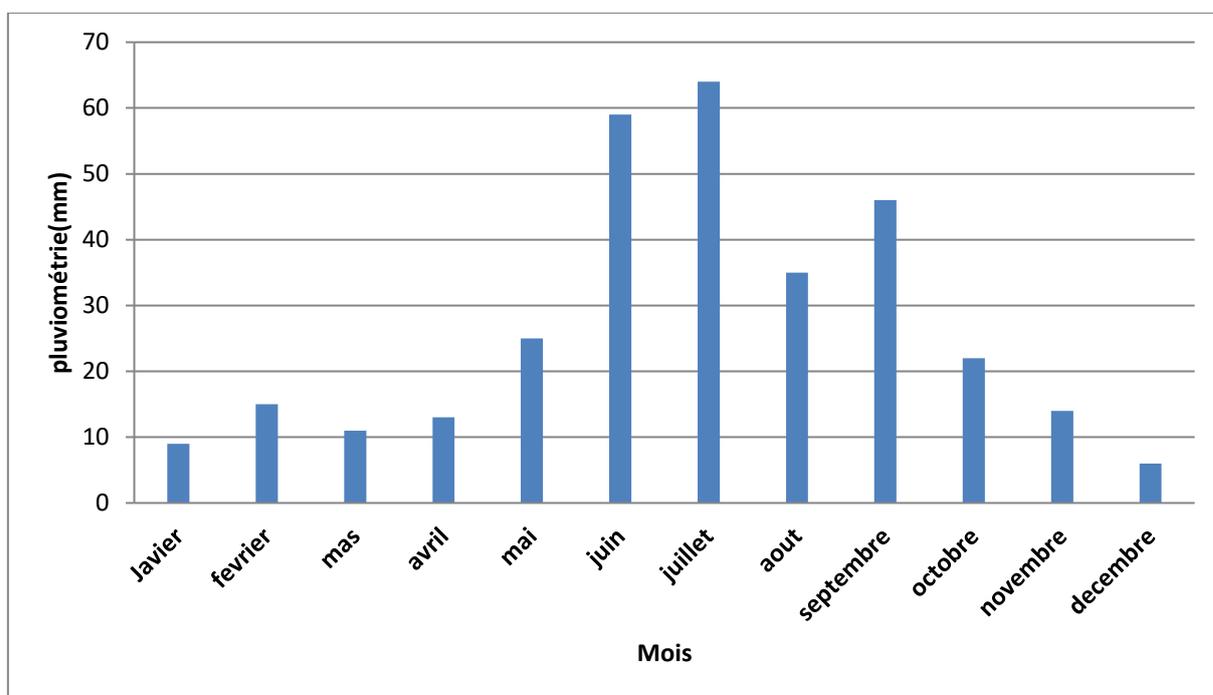


Figure 4: Pluviométrie annuelle

L'arrondissement de Kilibo dispose d'une forêt classée communément appelés TTK (Tchaourou-Toui-Kilibo). Cette forêt classée se situe dans la zone soudano-guinéenne caractérisée par un régime pluviométrique bimodal avec deux saisons pluvieuses qui couvrent les périodes d'avril à juillet et de septembre à octobre et deux saisons sèches allant respectivement de novembre à mars et d'Août à la mi-septembre. La pluviométrie moyenne annuelle s'élève à 319mm. De décembre à février sévit l'harmattan qui abaisse sensiblement les températures nocturnes et s'accompagne d'un net déficit de saturation.

Ce climat est très favorable au développement agropastoral permet de souligner deux grandes périodes ; la période de mars à novembre favorable aux différentes cultures, cette période humide correspond à la période active de végétation où les cours et plans d'eau regorgent assez d'eau, et cette période permet une réduction de la pression sur le pâturage.

La période de décembre à mars correspond à la période de la pression sur le fourrage, c'est-à-dire à la recherche du pâturage. Elle marque aussi le moment où les agriculteurs et éleveurs collaborent le plus (recherche des résidus et achats de certains produits agricoles pour alimenter les bêtes).

Les pluies sont réparties inégalement, de ce constat il en ressort quatre saisons :

- ❖ Une saison des pluies principales (11mm à 64mm) : de mars à juillet
- ❖ Une saison sèche mineure (35mm à 46mm) : d'aout à septembre
- ❖ Une saison de pluies mineures (22mm à 14mm) : d'octobre à novembre

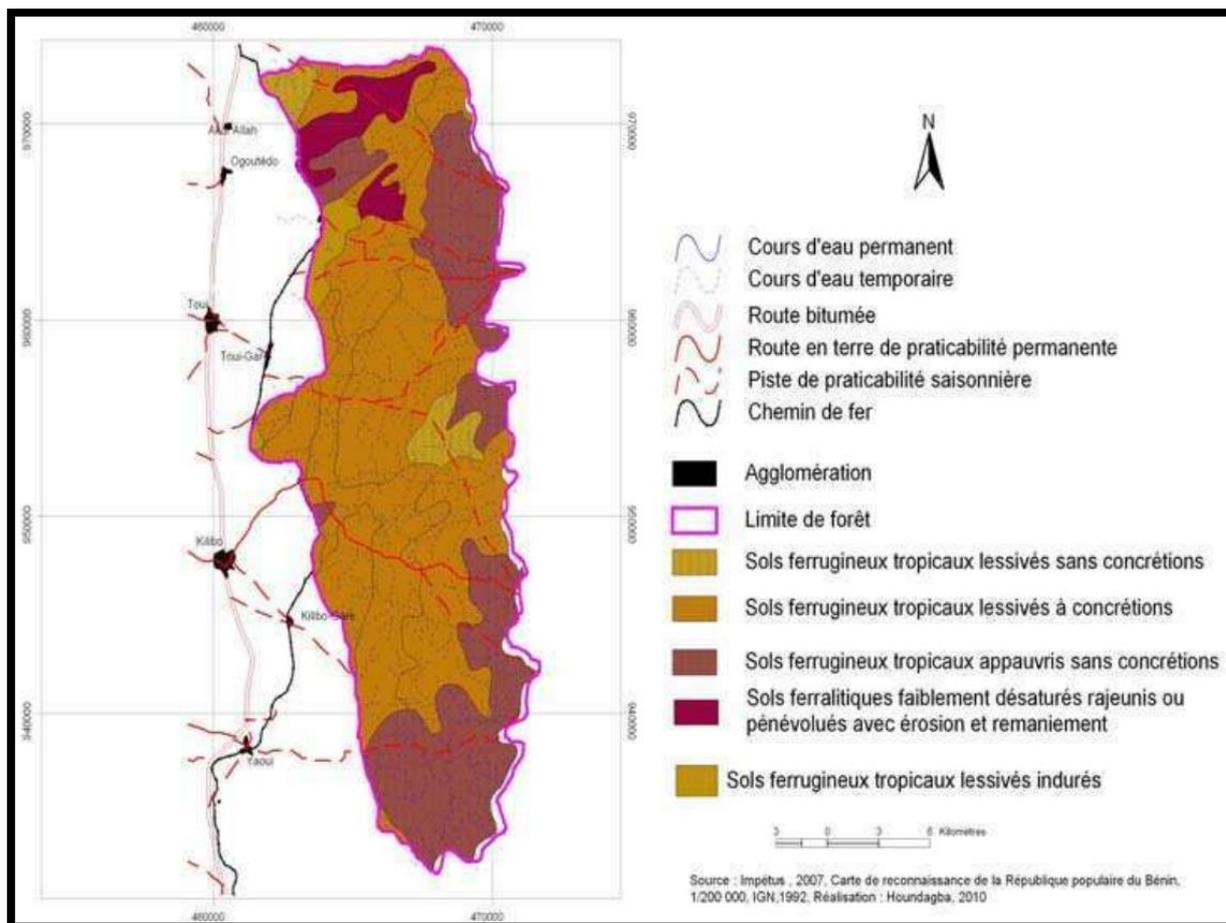
- ❖ Une saison sèche principale (6mm à 11mm) : de décembre à mars.

Cette alternance des saisons représente un atout pour l'agriculture et garantit aux agriculteurs au moins deux saisons de productions par ans.

2.4. Relief et nature des sols :

Les sols, support de la végétation, présentent de profondes variations suivant la topographie, de par leurs caractéristiques physiques et chimiques. Ce sont des sols à sesquioxydes de fer (sols ferrugineux tropicaux, avec ou sans concrétions et sols ferrallitiques), des sols hydromorphes et des sols minéraux bruts (carte 6). Les sols hydromorphes sont liés aux bas-fonds et à leurs franges, et les sols minéraux aux affleurements rocheux ; leur extension est souvent limitée dans le paysage.

La physionomie et la composition floristique sont en rapport avec la nature des sols. Sur les sols bien drainés situés au sommet des ondulations moyennes prédominent *Daniellia oliveri*, *Pakia biglobosa*, *Isoberlinia doka*, *Afzelia africana*, et *Vitellaria paradoxa*. Les bas de versant aux sols mal drainés portent des peuplements de *Terminalia macroptera*, *Acacia campylacanta* et *Anogeisus leiocarpus*. Les fonds de vallée sont peuplés par *Anogeisus leiocarpus*, *Cola cordifolia*, *Pterocarpus santalinoides*, *Berlinia grandiflora*, *Ceiba pentandra* et *Cynometra megalophylla*.



Carte 6 : Carte des sols (coté Forêt Kilibo)

L'environnement humain de la forêt classée de Toui-Kilibo est composé de plusieurs groupes socioculturels d'origines diverses. Les autochtones ou «Tchabè», partis d'Oyo en Nigeria, se sont installés par vagues successives dans la région depuis le XVIIIème siècle. Les allochtones sont arrivés récemment pour des buts divers (agriculture, élevage, exploitation forestière) ; ce sont : les Otamari, Berba, Dompago, Yom, Pila-pila, Peulh et Dendi en provenance du nord du pays, et les Fon en provenance du sud. La population de l'ensemble de la commune d'Ouessè a enregistré, entre les deux derniers recensements de la population et de l'habitation (1992 et 2002), un taux d'accroissement record de 4,6% par an (INSAE, 2003).

La densité de population reste pourtant faible : 34 habitants au km² . Les agglomérations riveraines de la forêt classée longent la route nationale inter-états n° 2 (RNIE2) et la ligne ferroviaire Cotonou-Parakou comme il est illustré sur la figure 3. Des hameaux de cultures et campements d'élevage ont fait récemment leur apparition à l'intérieur de cette forêt classée et le long de l'Okpara. Les cultures vivrières pratiquées sont les céréales (maïs et sorgho), les légumineuses (arachide niébé et sésame), les racines (manioc) et tubercules (ignames).

L'igname se cultive sur des terres nouvellement défrichées pendant 3 ans d'affilée. Le manioc par contre est cultivé lorsque le paysan s'apprête à laisser le sol appauvri en jachère.

2.5. Les modes d'accès au foncier dans l'arrondissement de Kilibo :

Les terres étant une propriété collective et appartenant à une lignée, sa gestion est assurée par le chef de la lignée. Elle est régie par des règles coutumières et des droits d'utilisation pouvant s'obtenir soit par héritage, par don, par achat ou par location [ESP 2020]

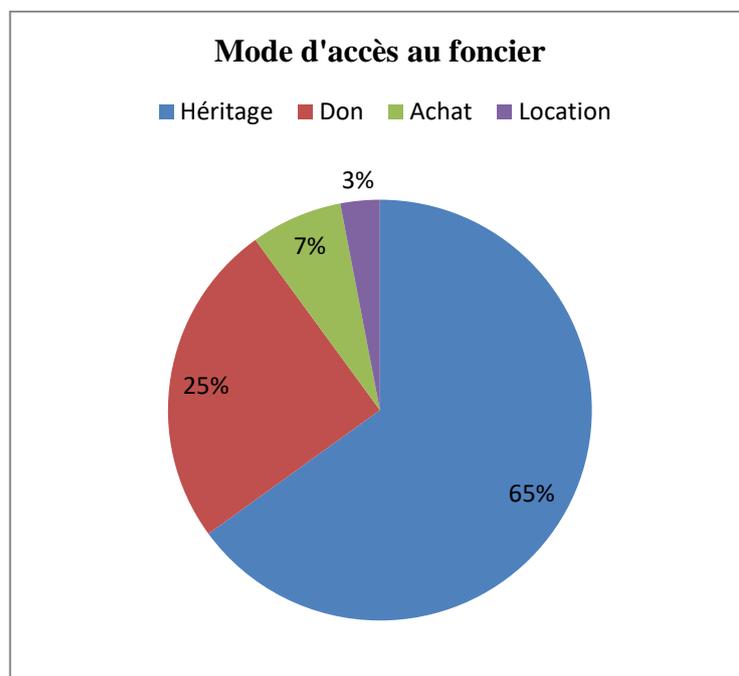


Figure 5: Mode d'accès au foncier dans l'arrondissement de Kilibo

Source : Enquête de terrain par moi-même en 2019

Selon mes enquêtes du terrain fait en 2019 lors d'une recherche et de la réalité de la zone d'étude, les modes d'accès au foncier sont de 4 ordres. Par achat, l'héritage, don et par la location.

L'observation de cette figure montre que **65%** des terres cultivées par les agriculteurs sont attribuées par l'héritage. Par contre **25%** proviennent de don, **7%** provient d'achat **3%** de la location. De plus, nous pouvons dire que l'effectif élevé des terres obtenues par héritage dans le milieu d'étude montre que l'héritage est le mode d'occupation le plus remarqué dans la zone d'étude.

2.6. Contexte socio-économique :

2.6.1. La population :

La commune de Ouèssè en générale et l'arrondissement de kilibo en particulier a connu un accroissement excessif selon ces derniers recensements de l'habitat et de la

population. IL abrite une population près de 10616 habitants dont 5177 de sexe masculin et 5439 de sexe féminin en 2002 (RGPH 3). 11 ans après, c'est-à-dire selon le dernier recensement RGPH4, Cette population a connu une augmentation où il est de 16809 habitants dont 8 318 de sexe masculin et 8 491 de sexe féminin soit une augmentation de 38,84%.

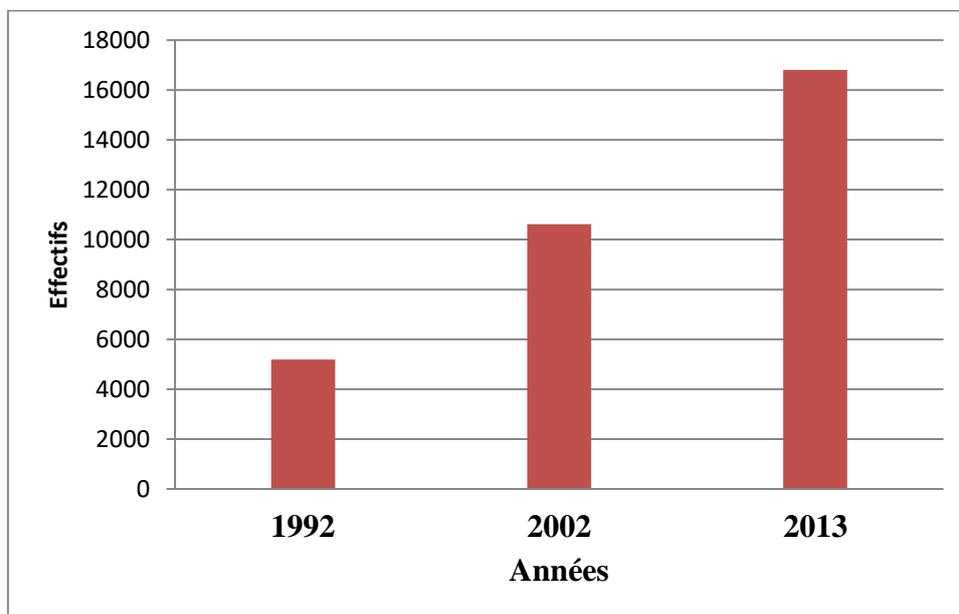


Figure 6 : Evolution démographique de la population d'arrondissement de kilibo 1992-2013

Source : INSAE-RGPH4, 2013

La figure 6 montre l'évolution démographique de la population de la commune de Ouèssè. Elle passe de 5193 au RGPH2 à 10616 ; 16809; respectivement en 1992, 2002 et 2013. Cet accroissement de la population explique le dynamisme de celle-ci à travers les activités agricoles.

Il faut aussi noter que l'arrivée de plus en plus importante de migrants agricoles et d'éleveurs sédentaires a également un impact sur cet accroissement. Une lecture fine de ces éléments de démographie en référence à la situation de 1992 à 2013 montre que la population a presque doublé. Ce fort taux est constaté dans les quartiers de ville de Kilibo olata avec un effectif de 6 772 et de Kilibo adjougou avec un effectif de 5018 habitants. Cette situation a des impacts négatifs et positifs sur l'effectif de la population, sur les changements des conditions de vie et sur l'environnement en particulier. Mais néanmoins cette explosion démographique de la commune de Ouèssè en général et de l'arrondissement de Kilibo en particulier est un atout essentiel à la pratique des activités agropastorales.

2.6.2. Structure de la population par âge en 2013

La structure de la population de l'arrondissement de Kilibo est caractérisée par une population essentiellement jeune.

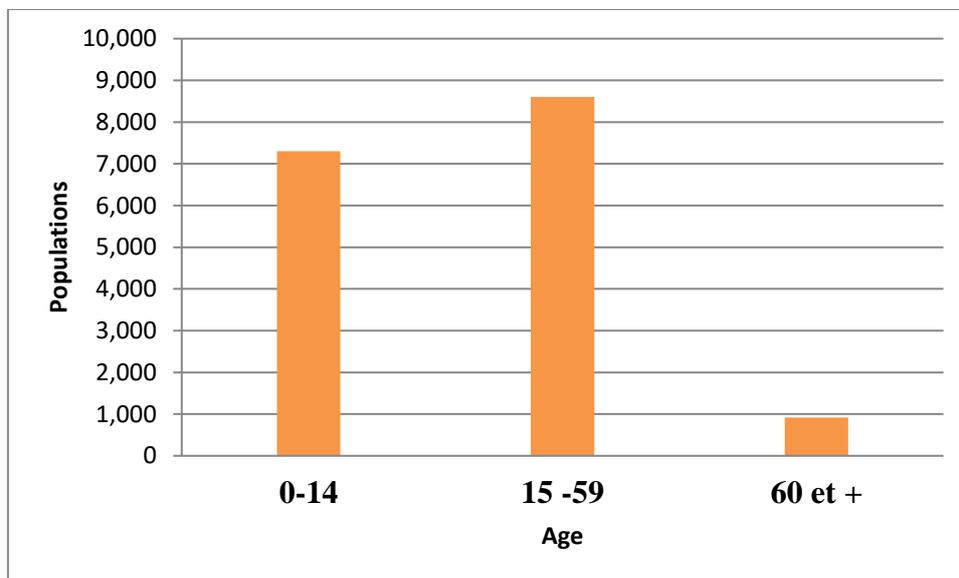


Figure 7 : structure de la population par âge de l'arrondissement de Kilibo

Source : INSAE, RGPH4 2013

La figure ci-dessus montre la structure de la population de l'arrondissement de Kilibo. L'étude de la structure de la population par âge démontre que la tranche d'âge de 15-59 ans représente plus de la moitié de la population. Soit un taux de 51,16%. La tranche d'âge de 0-14 ans représente 43,42 % tandis que celle de 60 ou plus ne représente seulement que 5,40%. De ce constat, il en résulte que cette population est jeune donc constitue une main d'œuvre forte, productrice et valide pour la zone. La structure de cette population permet de bien caractériser la population. Il est indispensable pour bien appréhender les caractéristiques d'une population en croissance et de déterminer la population par sexe.

2.6.3. Structure de la population par sexe :

Année	Masculin	Taux(%)	Féminin	Taux(%)	Total
2002	5177	48,76	5439	51,23	10616
2013	8318	49,48	8491	50,51	16809

Tableau 3: Structure de la population par sexe

Source : INSAE RGPH3, RGPH4

L'analyse faite de ce tableau montre que l'effectif des femmes dépasse considérablement l'effectif des hommes dans l'arrondissement de kilibo. Selon les réalités de la zone d'étude, l'activité agricole n'est pas considérée uniquement aux hommes et bien même d'autres femmes occupent plus d'espace cultivable plus que certains hommes.

2.6.4. L'habitat

Dans la commune de Ouèssè en général et dans l'arrondissement de Kilibo en particulier, on distingue deux grands types d'habitats.

- habitats du type traditionnel en terre battue
- habitats qui sont faits en matériaux définitifs ou semi-définitifs.



Photo 1 : Type d'habitat dans l'arrondissement de Kilibo

Source : prise par l'étudiant IDRISOU, Février 2024

2.7. Activités économiques :

2.7.1. Activités agricoles :

Selon le dernier recensement de la population et de l'habitat de 2013 et de la réalité que vit la zone d'étude, l'agriculture est pratiquée à plus de 70% de la population. Elle est la principale source de revenu et d'alimentation pour près de 90% de la population de l'arrondissement de kilibo. Les principales cultures pratiquées sont : l'igname (en tête de rotation), le manioc, le maïs, le soja, le sésame, le sorgho, le niébé, le coton, le piment, le riz.

Il s'agit d'une agriculture essentiellement extensive sur brûlis [PAP 1996]. L'anacardier est la principale plantation de rente pratiquée par presque tous les paysans de cette zone. La filière anacarde étant plus ou moins organisée, les plantations d'anacardiers génèrent des revenus aux agriculteurs de l'arrondissement de Kilibo qui compensent le déficit créé par le disfonctionnement des autres cultures agricoles. Ci-dessous quelques images de culture que mène la population de l'arrondissement de Kilibo



Photo 2 : Champs de maïs



Photo 3 : Champs de soja

Prise de vue : par l'étudiant IDRISOU, 2023

La photo 2 présente un champ de maïs de quelques hectares emblavé par un agriculteur de l'arrondissement de Kilibo. En effet, il est le plus cultivé après le manioc dans la zone d'étude. De plus, il se cultive pendant la saison pluvieuse par ligne droite. Les graines de maïs sont utilisés la plupart pour la préparation sous forme d'aliment.

Quant à la photo 3, elle présente le champ de soja emblavé par un agriculteur. Le soja est une culture pour l'alimentation humaine directe et utilisé pour l'agro-industrie transformé en huile et en matière grasse. Transformé et consommé cuit ou fermenté (lait de soja, sucre de soja,...), les graines de soja sont riches en protéine.



Photo 4 : Champs de manioc
Prise de vue : par l'étudiant IDRISOU, 2023

Les photos 4 représentent respectivement un champ de manioc avant et après la plantation. En effet, avant toutes productions la préparation est une phase obligatoire, elle est caractérisée par une agriculture itinérante sur brulis et est semé en des buttes ou par ligne droite selon le choix de l'agriculteur. Après quelques semaines on constate l'apparition des tiges de manioc qui pousse des feuilles et au fur du temps grâce à la fixation au sol on constate l'apparition des tubercules de manioc.



Photo 5 : Champs d'arachide

Photo 6 : Champs de piment

Prise de vue : par l'étudiant IDRISOU, 2023

La photo 5 présente une parcelle d'arachide emblavée par un agriculteur de l'arrondissement de Kilibo. En effet la culture d'arachide se cultive pendant la saison pluvieuse et dont les fruits enterrés après fécondation contiennent des graines oléagineuses qui fournissent par la pression une huile blanche d'une saveur agréable consommée en cuisine et autres. De plus, en cas de rupture de pluie, elle résiste plus que le maïs.

La photo 6 présente le champ de piment en phase de récolte, puis sera mis sur le marché pour la commercialisation. C'est une phase qui sollicite une main d'œuvre exclusivement composée de femme.

2.7.2. Elevage

L'élevage est l'une des activités non négligeables dans la commune de Ouessè en général et dans l'arrondissement de kilibo en particulier. D'abord, [SOU 2013], classe le secteur en deux catégories différentes qui sont : l'élevage du gros bétail et l'élevage de la volaille et des petits ruminants. L'élevage des bovins est essentiellement géré par les peuhls qui en fonction de leur mode de vie ou mode d'élevage se divisent en trois groupes :

- les peuhls autochtones originaires du Nord-Bénin. Ils sont devenus sédentaires et bien intégrés à la communauté Tchabè tout en conservant leurs traditions ;
- les peuhls semi-transhumants qui dans leur déplacement s'installent autour des FCTTK pour une période allant de 2 à 5 ans ;
- les peuhls transhumants connus sous l'appellation de Bouzou ou Mbororo, venant du Niger ou du Nigeria et qui transitent par les FC TTK et leurs terroirs riverains.

De plus, à cause de sa rentabilité, certains agriculteurs sont détenteurs des troupeaux qu'ils confient aux peuls sous divers contrats [DEM 2011]. Le petit élevage à dominance volailles est pratiqué par tous les ménages et constitue une forme d'épargne. Par ailleurs, ce secteur rencontre d'énormes problèmes d'organisation et de gestion illustrés par la divagation des bêtes, le faible suivi sanitaire, les mortalités incontrôlables, un faible taux d'exploitation et une faible productivité. Depuis quelques années, les autorités communales développent également l'apiculture avec les interventions et l'appui du PGTRN [MAI 2011].



Photo 7 : Pâturage dans une exploitation agricole et abreuvement des bœufs dans un barrage

Prise de vue : par l'étudiant IDRISSOU, 2023

L'analyse de ces deux photos explique les conditions de la pratique de l'élevage bovin dans la zone d'étude. La première présente les bœufs en pâture dans un champ. Les éleveurs sont obligés de faire paître les animaux dans le champ surtout en période de la sécheresse ; ce qui témoigne de la nécessité des résidus agricoles pour l'alimentation du bétail. Cette pratique constitue également une technique de nettoyage des espaces de culture. Elle témoigne également la relation entre agriculture et l'élevage. La seconde photo quant à elle explique la nécessité pour les bœufs de s'abreuver après la pâture.



Photo 8 : Les résidus de soja

Photo 9 : consommation des épluchures de manioc
par les

Bœufs

Prise de vue : par l'étudiant IDRISSOU, 2023

L'analyse de ces deux photos explique les avantages de relation entre éleveurs et agriculteurs. La photo 9 montre les bœufs dans le champ d'un agriculteur après la récolte. Les animaux profitent des épluchures de manioc dans le champ. De cette action les agriculteurs bénéficient de la fumure organique comme fertilisant dans leurs champs. Cela leur permet également de réduire les peines de nettoyage des espaces pour la culture. La photo 8 présente les résidus de soja après la récolte.

Conclusion :

De tout ce qui précède, l'arrondissement de Kilibo est l'un des neuf arrondissements de la commune de Ouessè. A travers ce chapitre, nous avons mis en relief l'aspect géographique de l'arrondissement de Kilibo avec les différentes formes topographiques, à la géologique s'ajouté à l'étude climatique par laquelle nous avons déterminés l'appartenance climatique de la zone d'étude. De plus, les cultures que mènent les populations de l'arrondissement de Kilibo ont été abordées.

Chapitre III

L'apport de l'imagerie satellitaire dans l'étude de l'interaction Homme- Environnement.

INTRODUCTION

Les images sont devenues une source d'information capitale pour aborder et analyser les problématiques environnementales, de manière rapide et fiable. Par ailleurs, bien que ces images soient comme toutes les autres images composées à la base d'une matrice de pixels, elles contiennent en plus de l'information contextuelle ainsi que des traitements spécifiques à ce genre d'images qui augmente leur utilité. Parmi les ajouts par rapport à une image normal, on retrouve la correction radiométrique, géométrique, classification et extraction des formes etc., qui sont une dimension fondamentale de la géomatique base de tout travail avec un outil SIG [KHA 2020]. Les images acquises par les capteurs placés à bord des satellites contiennent des erreurs radiométriques et atmosphériques liées aux caractéristiques de l'instrument et de la présence de l'atmosphère, d'où la nécessité d'une démarche de prétraitement des données.

3. L'acquisition d'imagerie satellitaire

Les données de la télédétection, des satellites et l'utilisation des cartes d'occupation du sol nous ont été utiles pour le suivi de changement d'affectation des sols ayant pour objet obtenir des cartes selon une série temporelles d'image satellitaires. De même, pour analyser la croissance démographique et de ressortir les impacts de l'homme sur l'environnement, les données (images satellitaires) ont été prises sur USGS Earth Explorer.

N°	Année	Caractéristiques				
		Année d'acquisition	Entité ID	Collection	Wrs path	Wrs row
1	2003	04 Janvier 2003	LE71920542003004EDC00	Landsat7 ETM+C2 L1	192	054
2	2015	15 Décembre 2015	LC81920542015349LGN02	Landsat8 OLI/TIRS C2 L2	192	054
3	2022	01 Février 2022	LC81920542022032LGN00	Landsat8 OLI/TIRS C2 L2	192	054

Tableau 4 : Caractéristiques des images satellitaires.

Source : <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Ces données proviennent du L7ETM (Enhanced Thematic Mapper) pour l'image de 2003 et L8OLI/TIRS (Operational Land Imager/Thermal InfraRed Sensor) pour l'image de 2015 et 2022. L'image de 2003 a une résolution de 30 m pour le réflectif et 60m pour le thermique

[VOD 2015], celle de 2015, 2022 30m pour le réflectif et 100 m pour le thermique [VOD 2015].

3.1. Software utilisé

Pour le traitement des données, le logiciel ArcGis 10.8 a été utilisé pour la réalisation des cartes d'occupation du sol. C'est un logiciel bureautique spécialisé en traitement de l'information géographique. Il est aujourd'hui le logiciel SIG le plus utilisé dans le monde. Édité par la société ESRI, il permet de bénéficier d'un véritable outil d'aide capable de :

- ❖ Spatialisation et gestion des données sur une carte ;
- ❖ Réalisation des analyses de données géographiques ;
- ❖ Réalisation des croisements de données ;
- ❖ Création cartographique à l'aide de plus des formats de données (shapefile, géodatabase)
- ❖ Intégration des principaux formats de raster (images aériennes/images satellites etc) [NOU 2019].

3.2. Méthodes de classification d'image en télédétection

L'objectif général des classifications est de traduire des informations spectrales en classes thématiques (d'occupation du sol, par exemple). La segmentation de l'image en classes thématiques est aussi appelée zonage (figure8).

Les stratégies de zonage sont multiples [KLU 2000]:

- Approches par pixel (analyse multi-spectrale, segmentation d'indice) ;
- Approche par zone (détection de contour, texture) ;
- Approche par objet (analyse morphologique, détection de formes).

Deux types de méthodes de classification sont employés pour analyser les changements de milieu, la classification non supervisée et la classification supervisée.

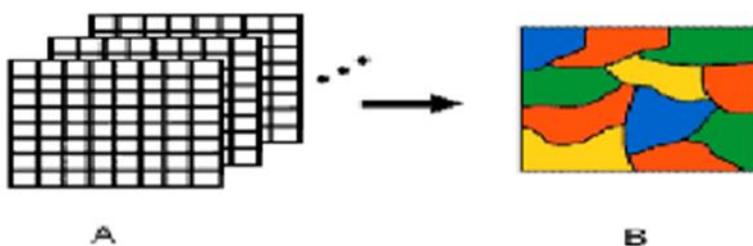


Figure 8: Principe de classification des images [KLU 2000].

3.2.1. La classification non supervisée :

Elles sont effectuées sans prise en compte de données de terrain. Il s'agit d'un découpage entièrement mathématique des données radiométriques en un nombre de classes définies. Il existe des algorithmes de classification, composés de plusieurs itérations, permettant de créer des regroupements de pixels ayant des signatures spectrales similaires. L'utilisateur procède ensuite à la reconnaissance des classes créées par l'algorithme en affectant un nom et une couleur à chaque classe. Un des algorithmes de classification non supervisée est appelé « Agrégation autour des centres mobiles ou méthode ISODATA » [DOS 2001].

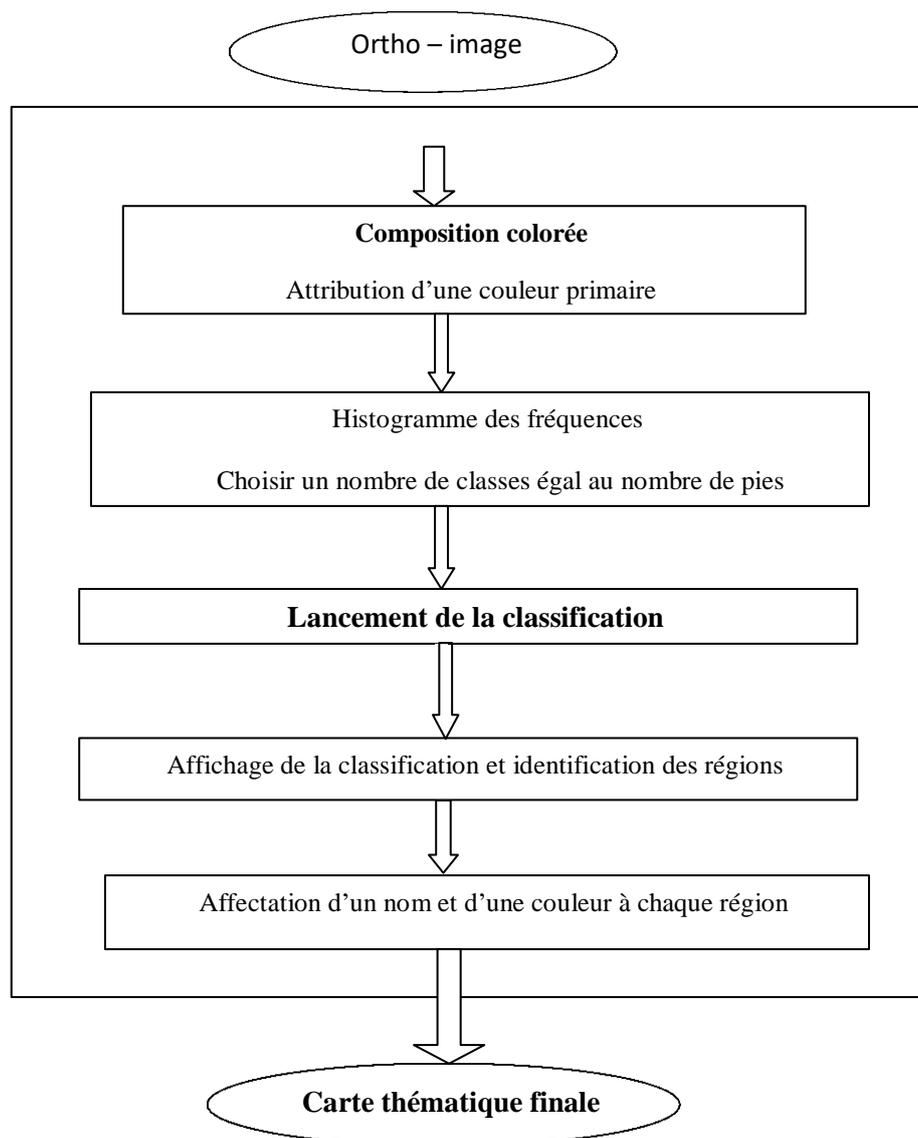


Figure 9 : Les étapes de la classification non supervisée (DOS SANTOS, 2001).

3.2.2. Méthode de classification supervisée

Le principe de la classification supervisée est de regrouper les pixels à des classes thématiques, basées sur une connaissance préalable de la zone à étudier. Les classes sont définies sur la base de zones d'apprentissage, qui sont des échantillons représentatifs des classes

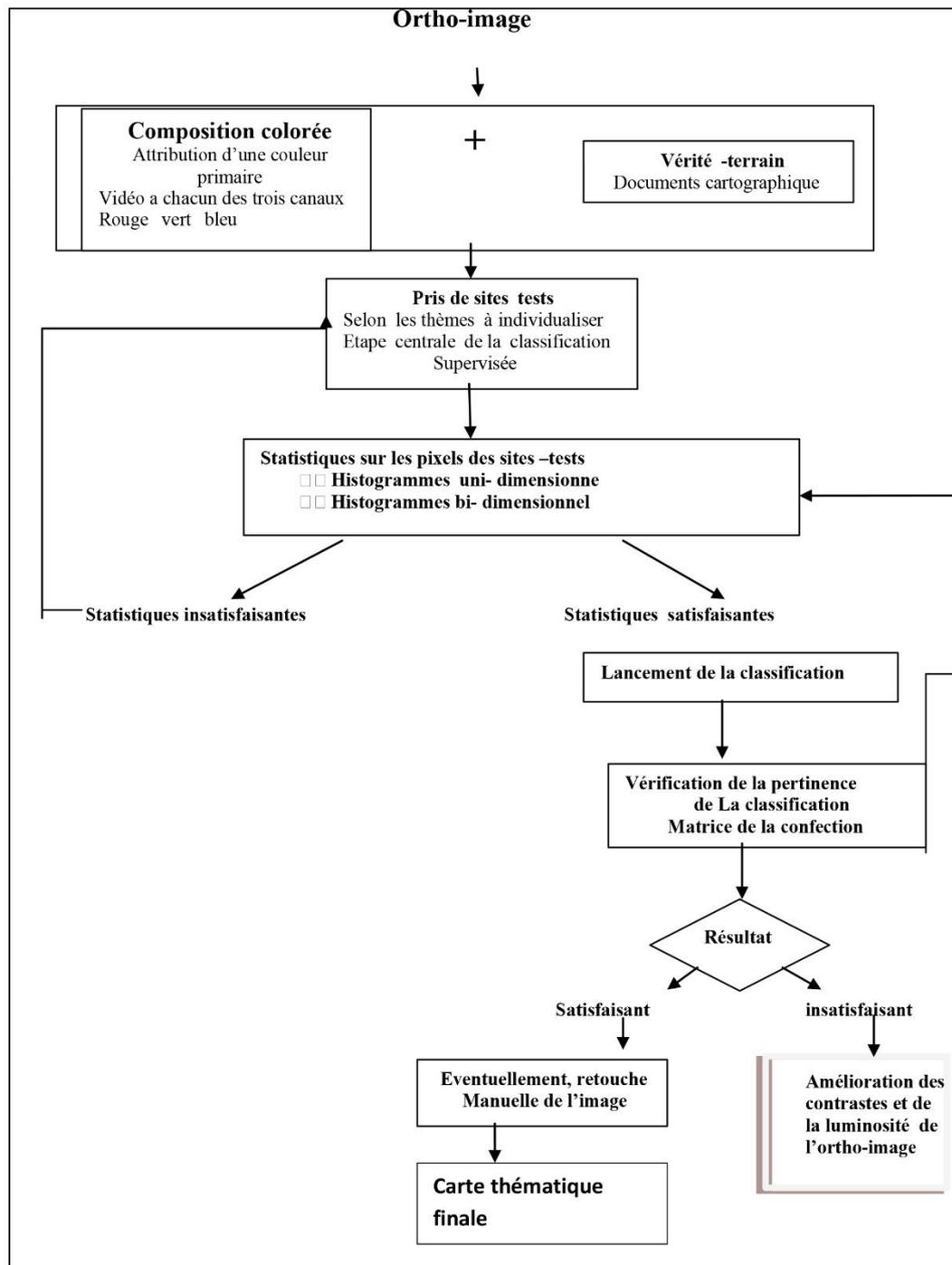


Figure 10: Les étapes de classification supervisée (DOS SANTOS, 2001).

3.3. Les étapes de traitement des images satellitaires

Pour atteindre notre objectif, nous avons optés à l'approche de classification supervisée. Cette approche est choisie à cause d'une connaissance sur la zone d'étude. Le principe de cette classification est de regrouper les pixels à des classes thématiques, basées sur une connaissance préalable de la zone à étudier. Pour aboutir à une carte d'occupation du sol à travers la classification, cela nécessite l'utilisation d'un outil SIG et la procédure diffère d'un outil SIG à un autre. Comme présenté au niveau de matériel utilisé, ARC GIS 10.8 nous a permis de faire le traitement des images. Les étapes de traitement se présentent comme suit :

- L'acquisition des images satellitaires
- Importation des données dans un SIG
- Correction radiométrique
- Correction géométrique
- Composition colorée
- Extraction de la zone d'étude
- Echantillonnage
- Classification supervisée des images
- Carte finale d'occupation du sol

3.3.1. Correction radiométrique

Avant d'effectuer toute analyse sur les images LANDSAT TM, une correction radiométrique a été nécessaire. Cette étape vise à éliminer les erreurs et les distorsions causées par les variations dans l'éclairage solaire, l'atmosphère et les conditions du capteur. La correction radiométrique ajuste les valeurs de pixel pour qu'elles reflètent mieux les caractéristiques réelles de la surface terrestre. Elle est cruciale pour assurer la comparabilité des images sur les différentes dates (2003, 2015 et 2022) et pour obtenir des résultats fiables lors de l'analyse des changements d'utilisation et d'occupation des terres.

3.3.2. Correction géométrique

Parallèlement, une correction géométrique des images a été effectuée pour corriger les distorsions spatiales inhérentes aux systèmes de capteurs et aux mouvements de la plateforme satellitaire. Cette correction vise à aligner précisément les images avec des coordonnées géographiques exactes. Pour cette étude, les images LANDSAT TM ont été géoréférencées en utilisant le système de référence WGS1984. Les points de contrôle au sol et les modèles de transformation géométrique ont été utilisés pour garantir que chaque pixel correspond

exactement à une position sur la surface terrestre. Cette étape est essentielle pour permettre des comparaisons précises des changements spatiaux entre les différentes années étudiées

3.3.3. Composition colorée des images

Les images fournies étant sous forme de bandes individuelles, elles ont été combinées pour constituer des images multi spectrales en composition colorée [BEN 2013]. Cette combinaison a été faite grâce à l'outil « Raster processing » du menu « Data management tool ». Pour la composition colorée à notre niveau nous avons besoin les bandes 2,3 et 4

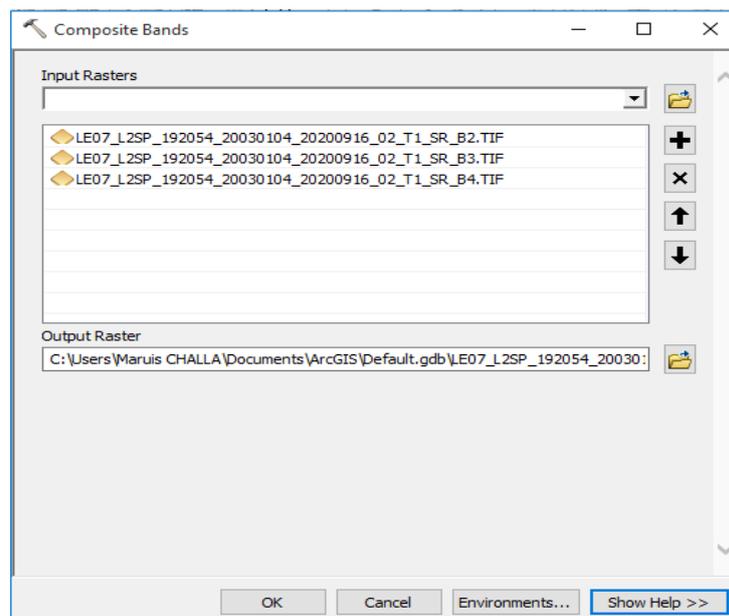


Image 1 : composite des bandes

3.3.4. Extraction de la zone d'étude

Les scènes étant lourdes et couvrant de vastes superficies, la zone d'intérêt a été extraite pour faciliter le processus de traitement. Cette extraction a été faite également avec l'outil « Clip » de l'extension « Raster processing » du menu « data management tool »

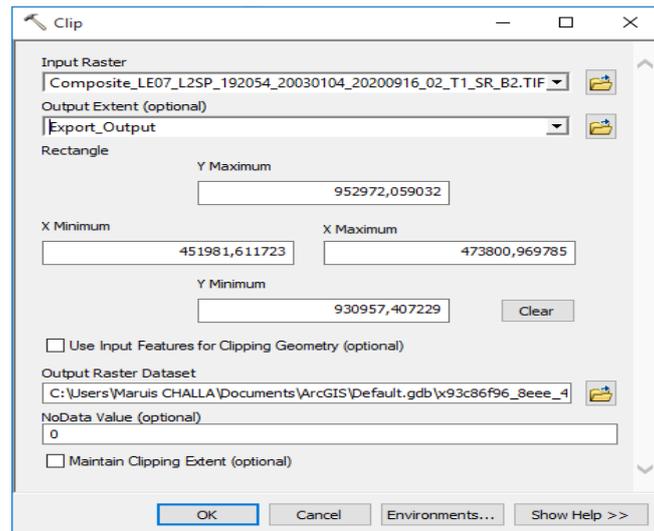


Image 2: boîte de l'outil clip

3.3.5. Echantillonnage

D'abord il est nécessaire de définir les classes suivant la problématique de recherche. Pour chaque type d'occupation du sol, on identifie sur l'image des zones représentatives appelées échantillons. La résolution de l'image n'étant pas élevée, nous avons rencontré un peu de difficultés pour la classification ce qui nous a permis de nous limiter à 4 classes qui sont les terrains agricoles, sols nu, le tissu urbain et la végétation.

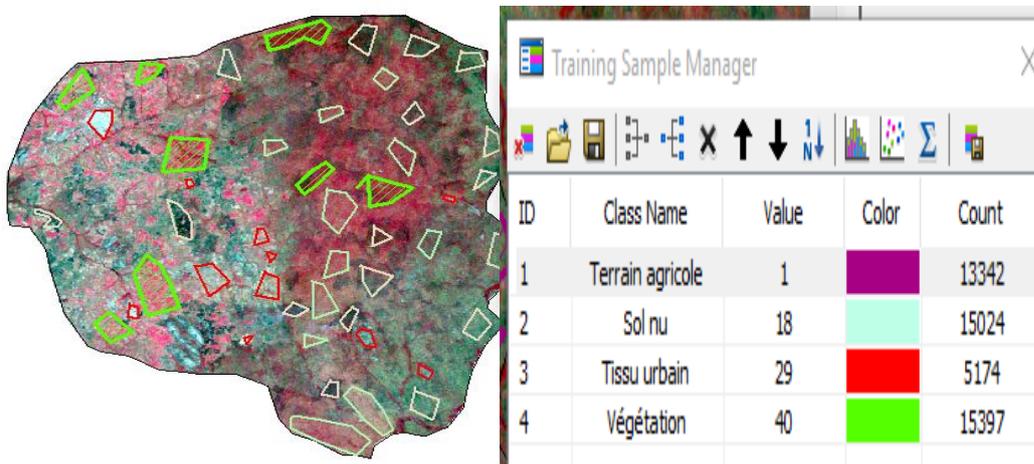


Image 3: échantillons

3.3.6. Classification par Maximum de Vraisemblance des Images de 2003, 2015 et 2022 :

La classification par maximum de vraisemblance est une méthode statistique couramment utilisée pour classer les pixels dans des images satellitaires, basée sur les propriétés spectrales de chaque classe d'usage des sols. Pour les images LANDSAT TM de 2003, 2015 et 2022, cette méthode a été appliquée pour analyser les changements dans l'utilisation et l'occupation des terres au fil du temps. La procédure commence par la définition des signatures spectrales

de chaque classe (telles que les forêts, les zones urbaines, les terres agricoles, etc.) en utilisant des échantillons de formation. Ensuite, pour chaque pixel de l'image, la probabilité qu'il appartienne à chacune des classes définies est calculée en utilisant une fonction de vraisemblance gaussienne. Le pixel est ensuite assigné à la classe pour laquelle la probabilité est la plus élevée. Cette approche permet une classification précise en tenant compte de la variabilité spectrale au sein de chaque classe. En appliquant cette méthode aux images des trois années, il est possible d'identifier les changements significatifs dans l'utilisation des sols et de suivre les dynamiques environnementales et anthropiques sur une période de près de deux décennies. Les résultats obtenus offrent une base solide pour des analyses ultérieures et pour la planification et la gestion des ressources naturelles.

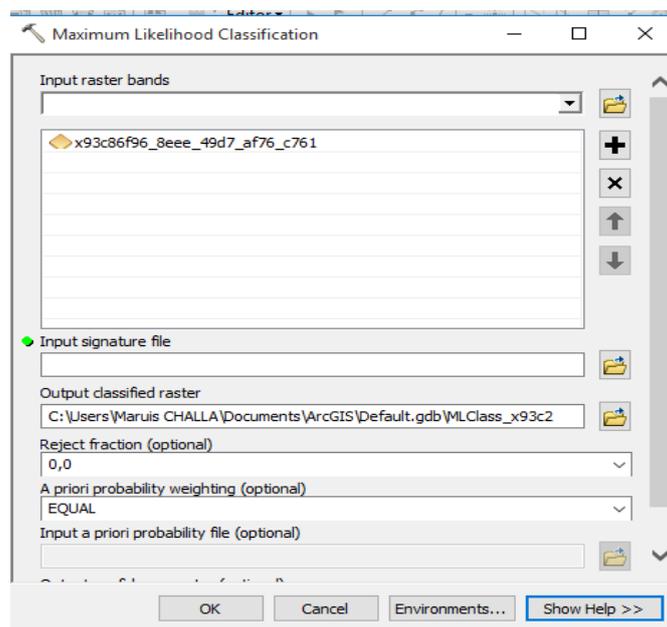


Image 4: boîte maximum de vraisemblance

Pour calculer les superficies des unités d'occupation il faudra créer un autre champs de la superficie. Le logiciel nous a permis de le faire

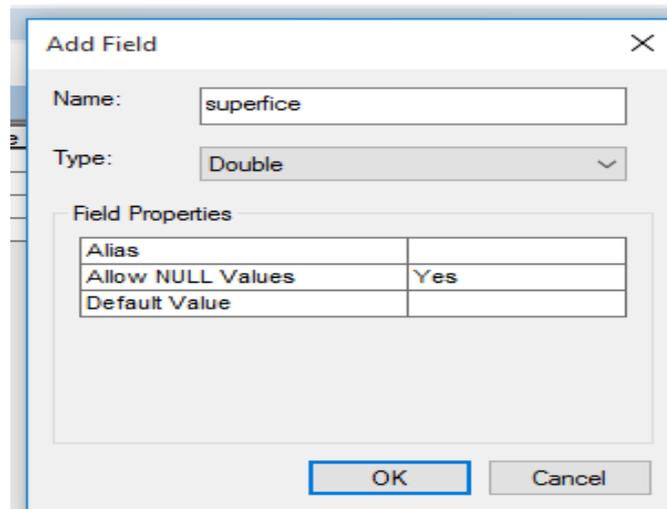


Image 5 : boîte Add field

Après que la classe est créée, le logiciel fait le calcul pour nous suivant un processus. Cliquez droit sur la classe nouvellement créée, choisissez « Calculate Geometry », choisissez quelle unité tu veux (ha, km, etc) et cliquez sur OK.

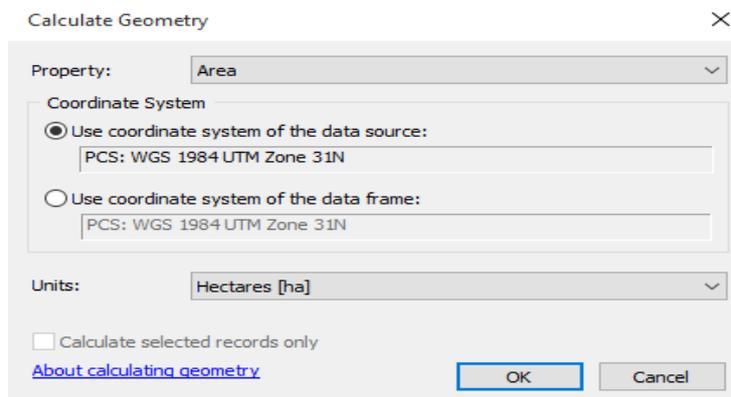


Image 6 : boîte calculate geometry

3.3.7. Synthèse des démarches de traitement d'image.

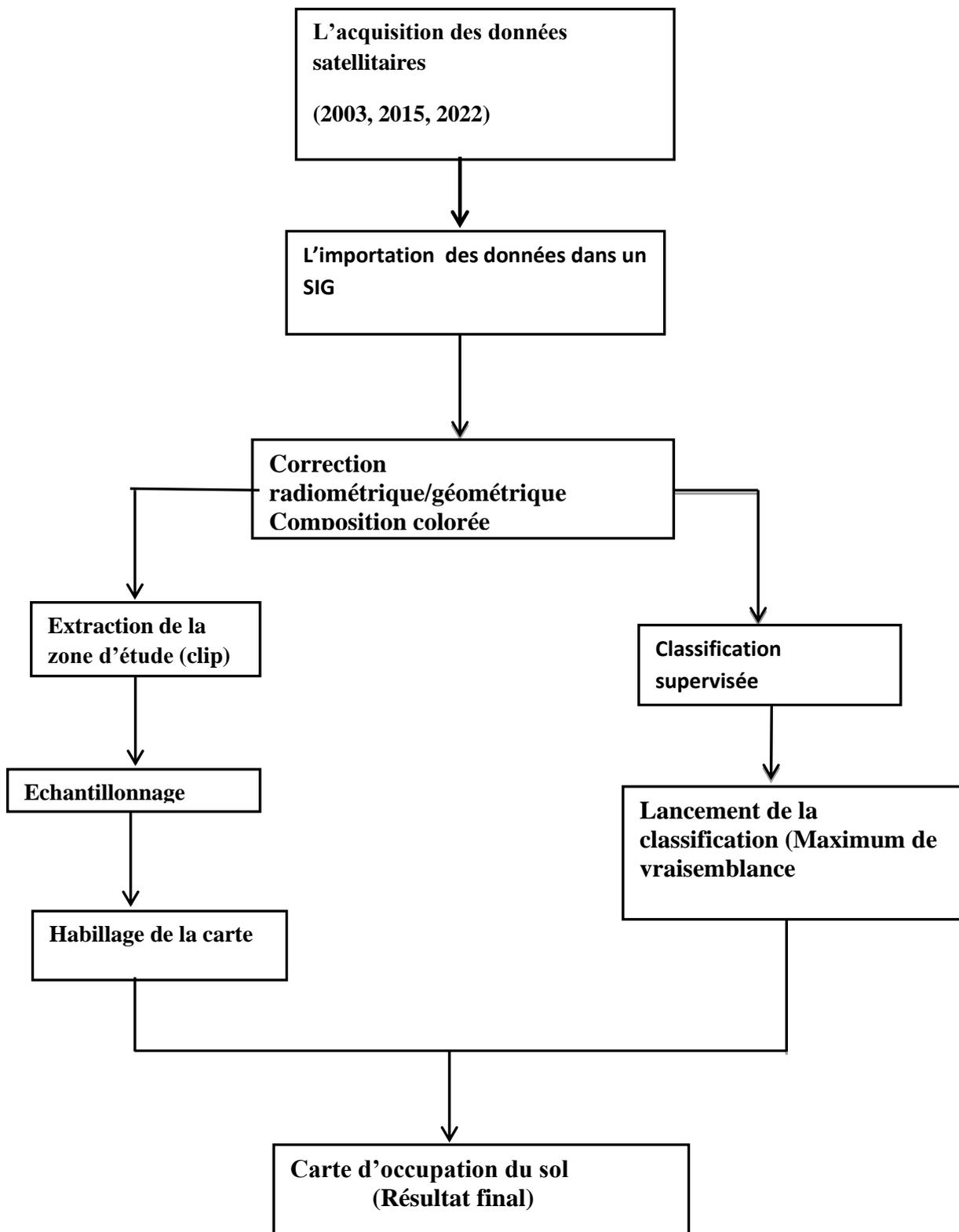
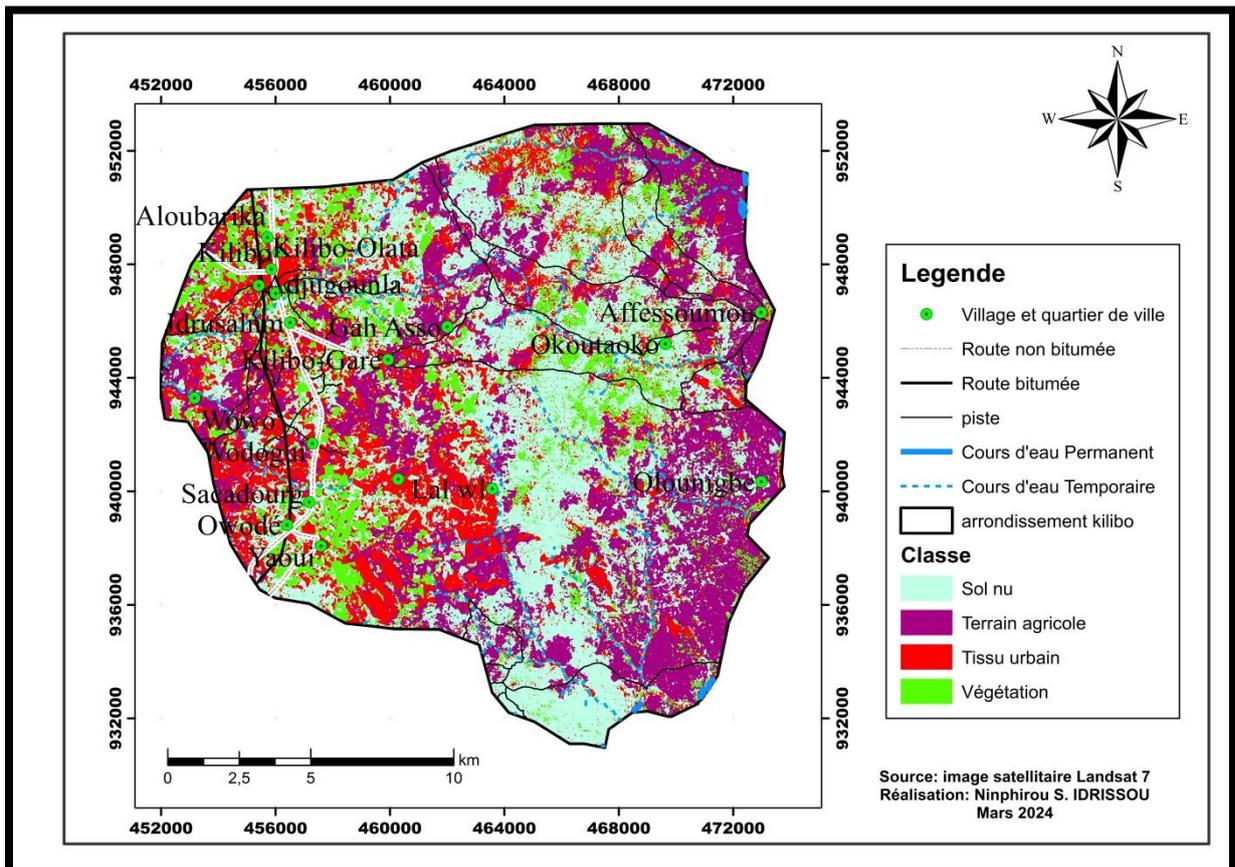


Figure 11 : Organigramme de traitement d'image satellitaire

3.4.Résultat

L'étude de l'occupation du sol est une entrée privilégiée dans l'évaluation des interactions entre l'homme et son milieu [KHA 2020]. Ainsi, les informations issues de l'analyse de l'occupation du sol sont toujours utiles dans l'identification des stratégies appropriées pour mieux gérer l'état de l'utilisation des terres. Plusieurs méthodes ont été inventées et appliquées à cet effet, avec de niveaux d'efficacité divers. Parmi celles-ci, l'analyse diachronique et multi-date de l'occupation du sol est l'une des plus utilisées, car c'est une méthode qui prend également en considération la répartition spatiale des changements. [IDA 2022].

3.4.1.Examen des statistiques des classes d'utilisation des terres de l'année 2003 :



Carte 7 : Carte d'occupation du sol de l'arrondissement de Kilibo de l'année 2003

L'analyse des données d'utilisation des terres dans l'arrondissement de Kilibo, basée sur les statistiques présentées, révèle des informations cruciales sur la répartition des différentes classes de terres. Le tableau ci-dessous montre les superficies et les pourcentages associés à chaque classe :

Classes	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Terrain agricole	9698	28,13%
Sol nu	13086	37,96%
Tissu urbain	7293	21,16%
Végétation	4397	12,75%
Total	34474	100%

Tableau 5 : Superficie des classes d'occupation du sol de l'image 2003

❖ Terrain Agricole

Les terrains agricoles couvrent une superficie de 9698 hectares, ce qui représente 28,13 % de la surface totale de l'arrondissement de Kilibo. Cette proportion significative reflète l'importance de l'agriculture dans la région. Les terres agricoles sont cruciales pour la subsistance locale et la production alimentaire, soulignant la nécessité de stratégies de gestion durable pour protéger ces ressources vitales contre la conversion en zones urbaines ou industrielles.

❖ Sol Nu

Le sol nu, qui s'étend sur 13086 hectares, représente la plus grande classe d'utilisation des terres avec 37,96 % de la superficie totale. Cette catégorie peut inclure des terres récemment défrichées, des zones en jachère ou des terres dégradées. La prépondérance du sol nu indique des niveaux élevés de déforestation ou de dégradation des terres, ce qui soulève des préoccupations environnementales importantes. Il est essentiel de mettre en œuvre des mesures de reboisement et de restauration des terres pour améliorer la couverture végétale et prévenir l'érosion.

❖ Tissu Urbain

Le tissu urbain occupe 7293 hectares, soit 21,16 % de la superficie totale. Cette proportion indique une urbanisation notable dans l'arrondissement de Kilibo. La croissance urbaine peut

apporter des avantages économiques et sociaux, mais elle doit être gérée de manière à minimiser les impacts négatifs sur les terres agricoles et les écosystèmes naturels. Une planification urbaine intégrée est nécessaire pour équilibrer le développement urbain avec la conservation des ressources naturelles.

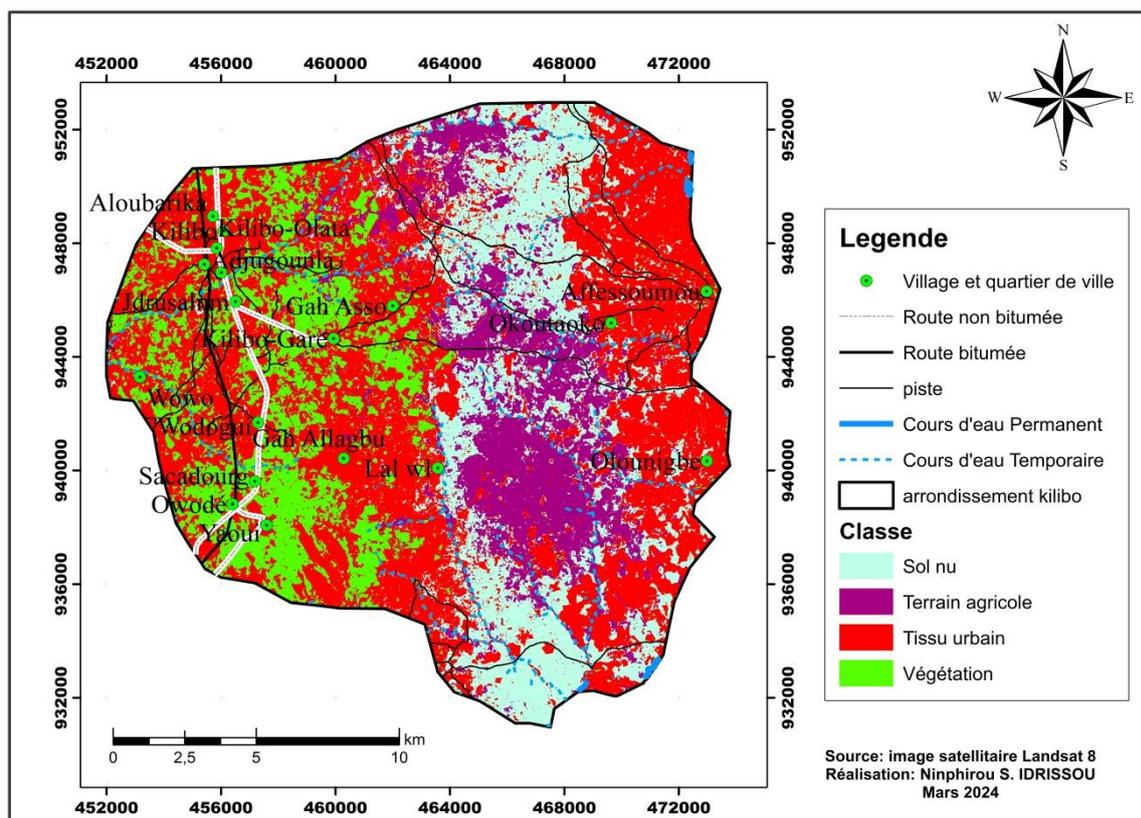
❖ **Végétation**

La végétation couvre 4397 hectares, ce qui correspond à 12,75 % de la superficie totale. Bien que cette proportion soit la plus faible parmi les classes d'utilisation des terres, elle reste essentielle pour la biodiversité locale et les services écosystémiques tels que la régulation du climat, la protection des sols et la fourniture d'habitats pour la faune. La faible couverture végétale pourrait être le résultat de pressions anthropiques telles que l'agriculture intensive et l'urbanisation. Des initiatives de conservation et de reforestation sont nécessaires pour augmenter la couverture végétale et préserver la biodiversité.

❖ **Note d'analyse de la classification 2003 :**

L'analyse des statistiques d'utilisation des terres dans l'arrondissement de Kilibo met en évidence les défis et les opportunités en matière de gestion des ressources terrestres. Avec une grande proportion de sol nu et une couverture végétale relativement faible, il est impératif de mettre en œuvre des stratégies de gestion durable pour restaurer les terres dégradées, protéger les terres agricoles et promouvoir un développement urbain équilibré. Les efforts de conservation doivent être renforcés pour améliorer la couverture végétale et préserver les écosystèmes locaux, assurant ainsi un avenir durable pour Kilibo.

3.4.2. Examen des Statistiques des Classes d'Utilisation des Terres de l'Année 2015 :



Carte 8 : Carte d'occupation du sol de l'arrondissement de Kilibo de l'année 2015

L'analyse des données d'utilisation des terres dans l'arrondissement de Kilibo, basée sur les statistiques présentées, révèle des informations cruciales sur la répartition des différentes classes de terres. Le tableau ci-dessous montre les superficies et les pourcentages associés à chaque classe

Classes	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Terrain agricole	5211	15,12%
Sol nu	7121	20,66%
Tissu urbain	16668	48,35%
Végétation	5474	15,88%
Total	34474	100,00%

Tableau 6: Superficie des classes d'occupation du sol de l'image 2015

❖ Tissu Urbain

Le tissu urbain a connu une augmentation de 9375 hectares, soit une croissance de 27,19 %. Cette augmentation substantielle est un indicateur d'urbanisation rapide dans l'arrondissement de Kilibo. La croissance des zones urbaines peut être due à une augmentation de la population, à des développements économiques et à une expansion des infrastructures. Cependant, cette urbanisation rapide doit être gérée soigneusement pour éviter les problèmes associés tels que la perte de terres agricoles, la congestion urbaine et les pressions sur les ressources naturelles. Une planification urbaine durable et intégrée est essentielle pour équilibrer la croissance urbaine avec la conservation des terres agricoles et des espaces verts.

❖ Terrain Agricole

Les terres agricoles ont diminué de 4487 hectares, représentant une réduction de 13,01 %. Cette diminution peut indiquer une conversion des terres agricoles en zones urbaines ou en d'autres utilisations non agricoles. La perte de terres agricoles pose des risques pour la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance des agriculteurs locaux. Il est impératif de mettre en place des politiques visant à protéger les terres agricoles et à encourager des pratiques agricoles durables pour garantir la production alimentaire et la stabilité économique.

❖ Sol Nu

Le sol nu a diminué de 5965 hectares, soit une réduction de 17,3 %. La diminution de la superficie des sols nus peut être le résultat de la conversion de ces terres en zones urbaines ou agricoles, ou d'efforts de reboisement et de restauration des terres. La gestion des sols nus est cruciale pour prévenir l'érosion, améliorer la qualité des sols et soutenir la régénération naturelle. Des initiatives de reboisement et de gestion durable des terres peuvent aider à réduire les superficies de sols nus et à restaurer les écosystèmes dégradés.

❖ Végétation

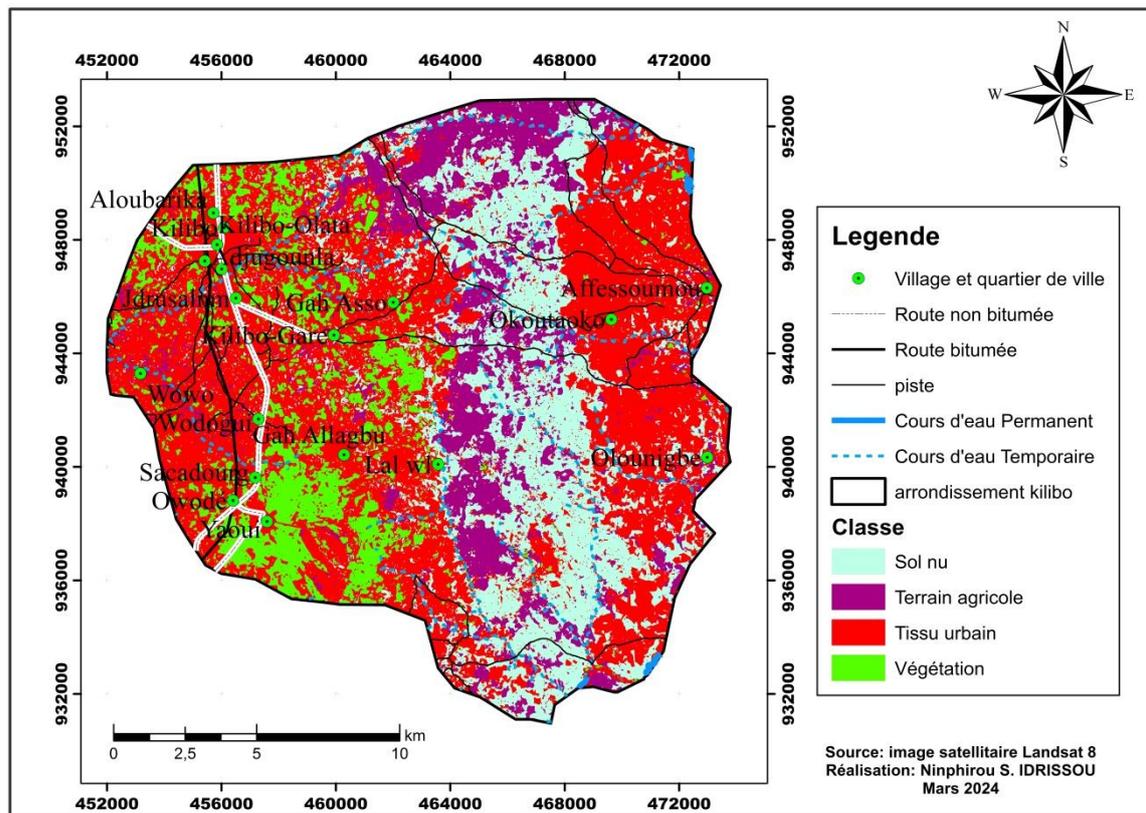
La superficie de la végétation a augmenté de 1077 hectares, soit une croissance de 3,12 %. Bien que cette augmentation soit modeste, elle est encourageante pour la conservation de la biodiversité et la régulation des écosystèmes. L'augmentation de la couverture végétale peut contribuer à la lutte contre le changement climatique, à la protection des sols et à la fourniture d'habitats pour la faune. Pour maximiser ces avantages, il est essentiel de promouvoir des

initiatives de reforestation et de conservation des forêts, ainsi que de protéger les espaces verts urbains et périurbains.

❖ **Note d'analyse de la classification 2015 :**

Les évolutions des classes d'utilisation des terres en 2015 dans l'arrondissement de Kilibo mettent en évidence une urbanisation rapide aux dépens des terres agricoles et des sols nus, avec une légère augmentation de la végétation. Ces changements soulignent les défis de la gestion des terres dans un contexte de développement urbain accéléré. Pour garantir un développement durable, il est crucial de mettre en œuvre des stratégies de planification urbaine intégrée, de protection des terres agricoles, de restauration des terres dégradées et de conservation des écosystèmes naturels. Les technologies géospatiales et les systèmes d'information géographique (SIG) jouent un rôle clé en fournissant des données précises et actualisées pour surveiller et gérer ces évolutions de manière efficace et éclairée

3.4.3. Examen des Statistiques des Classes d'Utilisation des Terres de l'Année 2022 :



Carte 9 : Carte d'occupation du sol de l'arrondissement de Kilibo de l'année 2022

L'analyse des évolutions des classes d'utilisation des terres en 2022 dans l'arrondissement de Kilibo révèle des changements significatifs dans la répartition des différentes catégories de terres par rapport aux années précédentes. Le tableau ci-dessous montre les évolutions en termes de superficie (ha) et de pourcentage (%) pour chaque classe :

Classe	Évolutions (ha)	Pourcentage (%)
Terrain agricole	5082	14,74%
Sol nu	8208	28,81%
Tissu urbain	17427	50,55%
Végétation	3757	10,90%
Total	34474	100,00%

Tableau 7: Superficie des classes d'occupation du sol de l'image 2022

Le tissu urbain occupe la première place également avec une superficie de 17427 soit 50,55% répartis sur la totalité de la zone d'étude. Le terrain agricole est resté constant à celui de 2015. Cette constante s'explique par la non disponibilité des terres cultivables à cause de l'augmentation de la population. Nous remarquons que la végétation occupe la dernière place avec une superficie de 3757 ha soit 10,90% ce qui traduit la destruction massive de la végétation non seulement au profit des activités humaines mais également à la construction des bâtiments.

3.5. Étude Comparative de l'Évolution et de la Dégradation des Sols à Kilibo (2003, 2015, 2022)

L'étude comparative des classifications de l'utilisation des terres à Kilibo pour les années 2003, 2015 et 2022 révèle des tendances significatives en matière d'urbanisation, de dégradation des terres agricoles, de sols nus et de végétation. Les tableaux suivants présentent la répartition des différentes classes d'utilisation des terres pour chaque année, ainsi que les évolutions observées entre ces périodes.

Classe	2003-2015	2003-2015	2015-2022	2015-2022	2003-2022	2003-2022
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Tissu urbain	9375	27,19	759	2,2	10134	29,39
Terrain agricole	-4487	-13,01	-129	-0,37	-4616	-13,38
Sol nu	-5965	-17,3	1087	3,15	-4878	-14,14
Végétation	1077	3,12	-1717	-4,98	-640	-1,85

Tableau 8 : Taux d'évolution des classes d'occupation du sol entre 2003, 2015 et 2022

3.5.1. Analyse Comparative des Périodes 2003, 2015, et 2022

Évolution du Tissu Urbain

- **2003-2015 :** Le tissu urbain a augmenté de manière significative, passant de 7293 hectares en 2003 à 16668 hectares en 2015, soit une augmentation de 9375 hectares (+27,19 %). Cette croissance rapide peut être attribuée à l'urbanisation et à l'augmentation de la population nécessitant plus de logements et d'infrastructures.
- **2015-2022 :** L'augmentation du tissu urbain s'est poursuivie mais à un rythme beaucoup plus lent, avec une augmentation de seulement 759 hectares (2,2 %). Cela pourrait indiquer un ralentissement de l'expansion urbaine ou une saturation des zones déjà développées.
- **Globalement :** Sur la période totale de 2003 à 2022, le tissu urbain a augmenté de 10134 hectares (29,39 %), soulignant une urbanisation continue et croissante dans la région.

Évolution des Terrains Agricoles

- **2003-2015 :** Les terrains agricoles ont fortement diminué, passant de 9698 hectares en 2003 à 5211 hectares en 2015, soit une perte de 4487 hectares (-13,01 %). Cette diminution peut être liée à la conversion des terres agricoles en zones urbaines.

- **2015-2022** : La tendance à la diminution des terres agricoles s'est ralentie, avec une perte de 129 hectares (-0,37 %). Bien que la perte soit moins prononcée, elle continue de menacer la sécurité alimentaire locale.
- **Globalement** : De 2003 à 2022, les terres agricoles ont diminué de 4616 hectares (-13,38 %), indiquant une tendance continue de réduction des surfaces agricoles au profit de l'urbanisation.

Évolution des Sols Nus

- **2003-2015** : Les sols nus ont diminué de 13086 hectares en 2003 à 7121 hectares en 2015, soit une réduction de -5965 hectares (-17,3 %). Cette diminution peut être due à des efforts de reboisement ou à la conversion de ces terres en zones urbaines ou agricoles.
- **2015-2022** : En revanche, de 2015 à 2022, la superficie des sols nus a augmenté de 1087 hectares (3,15 %). Cette inversion de tendance pourrait être liée à une nouvelle dégradation des terres ou à une gestion inadéquate des ressources.
- **Globalement** : Sur la période totale de 2003 à 2022, les sols nus ont diminué de 4878 hectares (-14,14 %), bien que la récente augmentation nécessite une attention particulière pour prévenir une nouvelle dégradation.

Évolution de la Végétation

- **2003-2015** : La végétation a augmenté de 4397 hectares en 2003 à 5474 hectares en 2015, soit une augmentation de 1077 hectares (3,12 %). Cette augmentation peut être attribuée à des initiatives de reforestation et de conservation.
- **2015-2022** : Cependant, entre 2015 et 2022, la végétation a diminué de 1717 hectares (-4,98 %), reflétant une déforestation ou une dégradation environnementale croissante.
- **Globalement** : De 2003 à 2022, la couverture végétale a diminué de 640 hectares (-1,85 %), mettant en évidence la nécessité de renforcer les efforts de conservation et de reboisement.

Conclusion de l'étude statistique des années 2003, 2015 & 2022 :

L'analyse des évolutions des classes d'utilisation des terres à Kilibo entre 2003, 2015 et 2022 montre une urbanisation rapide, une diminution continue des terres agricoles, des fluctuations dans les superficies de sols nus et une légère diminution de la végétation. Ces tendances soulignent les défis de la gestion des terres dans un contexte de développement

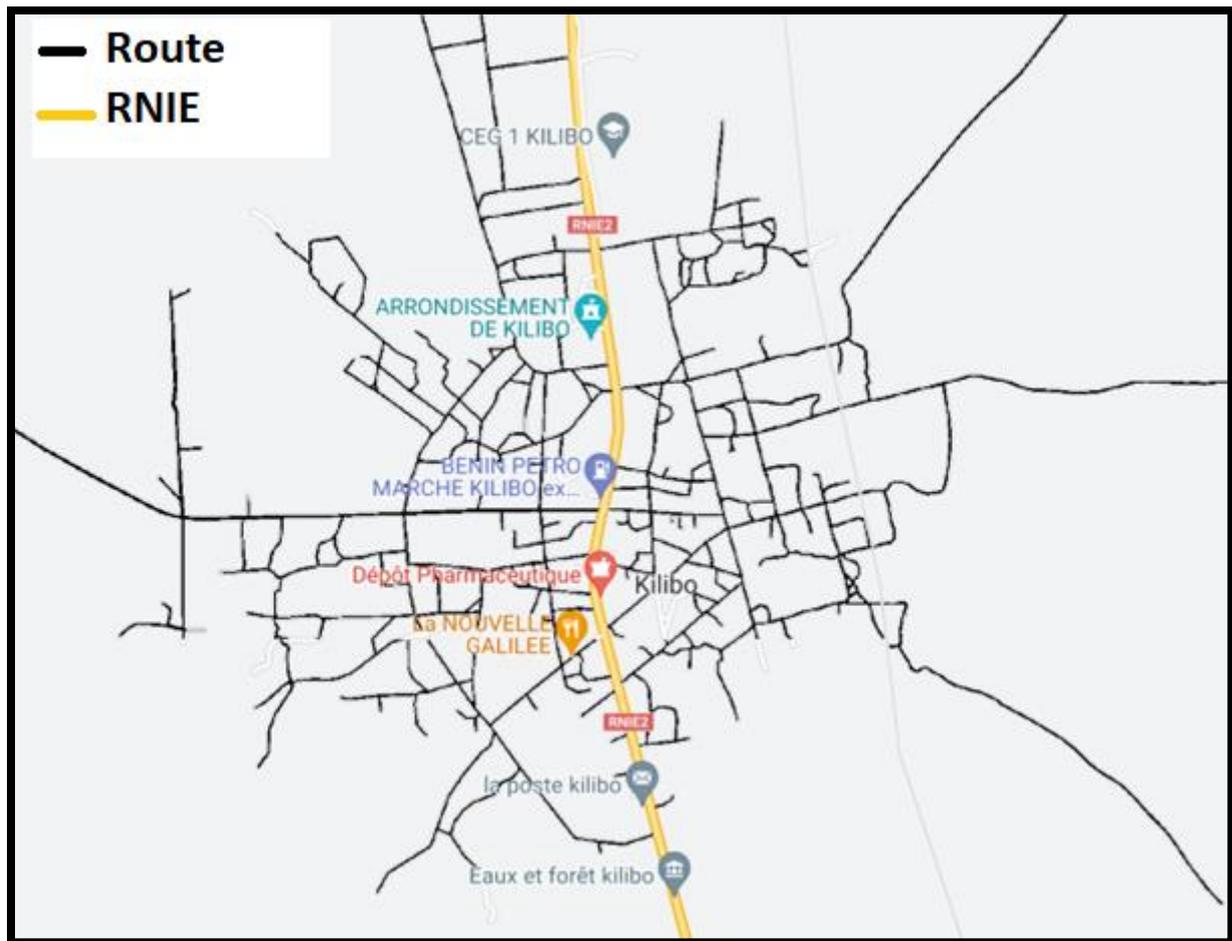
urbain accéléré. Il est crucial de mettre en œuvre des stratégies de planification urbaine durable, de protection des terres agricoles et d'initiatives de conservation pour garantir un développement équilibré et durable. Les technologies géospatiales, comme les systèmes d'information géographique (SIG), jouent un rôle clé dans la surveillance et la gestion de ces évolutions, fournissant des outils essentiels pour une prise de décision éclairée.

3.6. Impact du Réseau Routier sur la Dégradation des Forêts : Étude de Cas de l'Arrondissement de Kilibo, Bénin

L'arrondissement de Kilibo, situé dans le centre du Bénin, est une région qui subit des pressions significatives sur ses ressources forestières en raison de l'expansion des réseaux routiers. Cette étude de cas examine les effets de l'ouverture et de l'extension des routes sur la dégradation des forêts dans cette région, en mettant en évidence les dynamiques locales et les conséquences environnementales.

3.6.1. Le réseau routier

La géomatique offre des outils puissants pour l'extraction et l'analyse des réseaux routiers, et ArcGIS est particulièrement bien adapté à cette tâche. L'extraction des routes à partir d'images satellitaires ou aériennes implique l'utilisation de techniques de traitement d'image et d'analyse spatiale pour identifier et vectoriser les infrastructures routières comme le montre la figure 7. Dans ArcGIS, les algorithmes de détection de lignes et de segmentation d'image sont utilisés pour extraire les routes des données raster. Une fois extraites, ces routes peuvent être converties en données vectorielles pour une analyse plus détaillée. Les fonctionnalités avancées d'ArcGIS permettent également de mettre à jour et de gérer les réseaux routiers, en intégrant des informations sur la largeur des routes, leur état et leur connectivité. En utilisant des modèles numériques de terrain (MNT) et des images à haute résolution, les analystes peuvent également évaluer l'impact environnemental des routes et planifier des extensions ou des améliorations de manière durable. Ainsi, la géomatique, par le biais d'ArcGIS, facilite une gestion efficace et précise des infrastructures routières, contribuant à une meilleure planification urbaine et rurale.



Carte 10 : le réseau routier de l'arrondissement de Kilibo

3.6.2. Facilitation de l'Accès et de l'Exploitation

À Kilibo, la construction de nouvelles routes a considérablement facilité l'accès aux zones forestières autrefois isolées. Cela a conduit à une augmentation des activités d'exploitation forestière, souvent de manière informelle ou illégale. Les exploitants forestiers utilisent les routes pour accéder rapidement aux forêts et transporter le bois vers les marchés. Cette exploitation non réglementée a entraîné une déforestation rapide et incontrôlée, réduisant de manière significative la couverture forestière de la région.

❖ **Fragmentation des Habitats**

L'extension des réseaux routiers à Kilibo a entraîné la fragmentation des habitats forestiers. Les routes divisent les forêts en parcelles plus petites, isolant les populations animales et végétales et perturbant les corridors écologiques. Cette fragmentation limite les déplacements

des espèces et affecte leur capacité à se reproduire et à trouver des ressources, ce qui entraîne une diminution de la biodiversité.

❖ **Augmentation des Incendies de Forêts**

La présence accrue de routes à Kilibo a également augmenté le risque d'incendies de forêt. Les activités humaines, telles que les feux de camp et l'utilisation de matériel inflammable près des routes, ont conduit à des incendies accidentels. Ces incendies détruisent de vastes zones forestières, aggravant encore la dégradation de l'écosystème local.

❖ **Conversion des Terres**

La construction de routes a encouragé la conversion des terres forestières à Kilibo en zones agricoles et résidentielles. Les routes rendent ces terres plus accessibles et attractives pour les activités agricoles, notamment la culture sur brûlis, qui est couramment pratiquée dans la région. Cette conversion des terres contribue à une déforestation accrue, réduisant davantage la couverture forestière et modifiant les paysages locaux.

❖ **Impact Environnemental et Écologique**

La dégradation des forêts à Kilibo due aux réseaux routiers a des impacts environnementaux significatifs. La réduction de la couverture forestière affecte la séquestration du carbone, contribuant ainsi au changement climatique global. De plus, la déforestation perturbe les cycles hydrologiques, entraînant une diminution de la qualité de l'eau et des modifications des régimes de précipitation.

❖ **Étude de Cas Spécifique (2003, 2015 , 2022) :**

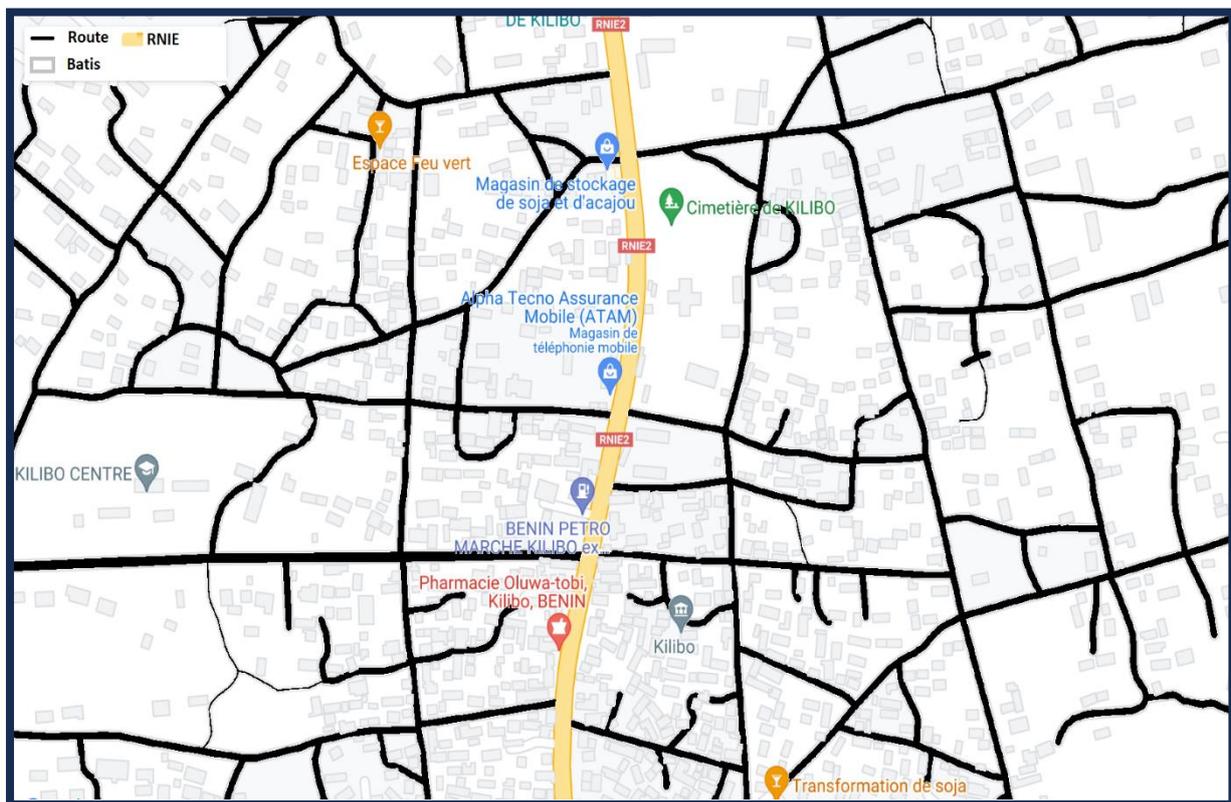
Dans le cadre de cette étude, des images satellitaires de 2003, 2015 et 2022 ont été analysées pour évaluer les changements dans l'utilisation des terres à Kilibo. Les résultats montrent une augmentation notable des zones déboisées près des nouveaux axes routiers. Les données révèlent également une tendance à la conversion des forêts en terres agricoles et en zones résidentielles, particulièrement autour des villages et des routes principales.

L'impact des réseaux routiers sur la dégradation des forêts à Kilibo est profond et multidimensionnel. La facilitation de l'accès, la fragmentation des habitats, l'augmentation des incendies de forêt et la conversion des terres sont autant de facteurs qui contribuent à la perte rapide des forêts dans cette région. Il est crucial de mettre en œuvre des stratégies de gestion durable pour minimiser ces impacts, telles que la régulation stricte de l'accès aux zones

forestières, l'application des lois contre la déforestation illégale et la promotion de pratiques agricoles durables. La géomatique, à travers des outils comme ArcGIS, joue un rôle essentiel dans la surveillance et la gestion de ces impacts, fournissant des données précises et en temps réel pour une prise de décision éclairée.

3.6.3. Impact de l'Évolution Urbaine de l'Arrondissement de Kilibo sur la Dégradation des Zones Agricoles et des Forêts

L'arrondissement de Kilibo, connaît une croissance urbaine rapide qui exerce une pression croissante sur les terres agricoles et les forêts environnantes comme le montre la figure 8. Cette expansion urbaine a des conséquences significatives sur l'utilisation des terres, entraînant la dégradation des ressources naturelles essentielles. Cette étude examine les impacts de cette évolution urbaine sur les zones agricoles et forestières de Kilibo.



Carte 11 : l'évolution urbaine & le réseau routier de l'arrondissement de Kilibo

❖ Expansion Urbaine et Conversion des Terres

L'urbanisation croissante à Kilibo a conduit à la conversion des terres agricoles et forestières en zones résidentielles, commerciales et industrielles. La demande accrue de terrains pour la construction de logements, d'infrastructures et d'équipements publics a entraîné une réduction

significative des terres disponibles pour l'agriculture. Cette conversion est souvent réalisée sans planification adéquate, entraînant une perte de terres agricoles fertiles et une fragmentation des paysages forestiers.

❖ **Déforestation et Perte de Biodiversité**

La déforestation est l'un des impacts les plus visibles de l'expansion urbaine à Kilibo. Les forêts sont souvent défrichées pour faire place à de nouvelles constructions, réduisant ainsi la couverture forestière. Cette perte de forêts entraîne une diminution de la biodiversité, car les habitats naturels des espèces animales et végétales sont détruits. La fragmentation des forêts due à l'urbanisation limite également les déplacements des espèces, affectant leur survie et leur capacité de reproduction.

❖ **Dégradation des Zones Agricoles**

L'expansion urbaine a un impact direct sur les zones agricoles de Kilibo. La conversion des terres agricoles en zones urbaines réduit la superficie disponible pour l'agriculture, ce qui peut entraîner une diminution de la production alimentaire locale. En outre, l'urbanisation peut provoquer des conflits fonciers entre les agriculteurs et les promoteurs immobiliers, exacerbant la pression sur les terres agricoles. La proximité des zones urbaines peut également conduire à la pollution des terres agricoles par les déchets urbains et les produits chimiques, dégradant ainsi la qualité des sols et des eaux.

❖ **Impact Environnemental et Écologique**

L'expansion urbaine de Kilibo a des conséquences environnementales considérables. La réduction des terres agricoles et des forêts perturbe les cycles naturels, affectant la régulation de l'eau, la qualité de l'air et le stockage du carbone. La perte de forêts, en particulier, réduit la capacité de la région à séquestrer le carbone, contribuant ainsi au changement climatique. De plus, l'urbanisation accroît l'imperméabilisation des sols, augmentant le risque d'inondations et réduisant la recharge des nappes phréatiques.

❖ **Étude de Cas Spécifique**

Des analyses basées sur des images satellitaires de 2003, 2015 et 2022 montrent une augmentation significative des zones urbaines à Kilibo au cours des deux dernières décennies. Ces images révèlent une expansion urbaine rapide aux dépens des terres agricoles et des forêts. La comparaison des données géospatiales montre une diminution notable des

superficiers forestières et agricoles, mettant en évidence les effets néfastes de l'urbanisation sur les ressources naturelles.

❖ **Mesures de Correction et Gestion Durable**

Pour atténuer les impacts négatifs de l'expansion urbaine, des mesures de gestion durable sont essentielles. Cela inclut la planification urbaine intégrée, qui prend en compte la préservation des terres agricoles et des forêts. Des politiques de zonage rigoureuses doivent être mises en place pour protéger les zones agricoles et forestières de la conversion urbaine non réglementée. En outre, la promotion de l'agriculture urbaine et des espaces verts peut aider à équilibrer les besoins urbains avec la conservation des ressources naturelles.

L'évolution urbaine de l'arrondissement de Kilibo a des impacts significatifs sur la dégradation des zones agricoles et des forêts. La conversion des terres, la déforestation, et la pression sur les ressources agricoles nécessitent des interventions urgentes et bien planifiées. La mise en œuvre de pratiques de gestion durable et de politiques de conservation est cruciale pour protéger les ressources naturelles de Kilibo et garantir un développement urbain équilibré et respectueux de l'environnement. La géomatique et les technologies de l'information géographique (SIG) jouent un rôle clé dans la surveillance, l'analyse et la gestion de ces impacts, fournissant des données essentielles pour une prise de décision éclairée.

3.7. Impact de l'Évolution Démographique à Kilibo sur la Dégradation des Sols

Kilibo, une région en pleine expansion démographique, a connu des changements notables dans l'utilisation des terres au cours des dernières décennies. L'évolution rapide de la population a des impacts directs sur la dynamique des sols et des terres. Cette étude examine l'impact de l'évolution démographique sur la dégradation des sols à Kilibo, en se basant sur les données de classification des terres pour les années 2003, 2015 et 2022.

❖ **Contexte Démographique**

L'augmentation de la population à Kilibo a conduit à une expansion urbaine significative. La pression démographique a nécessité plus de logements, d'infrastructures et de services, entraînant une conversion accrue des terres agricoles et des zones naturelles en zones urbaines. Cette transformation rapide pose des défis importants pour la gestion durable des ressources terrestres.

❖ **Évolution de l'Utilisation des Terres**

Les données de classification des terres montrent des changements substantiels entre 2003, 2015 et 2022 :

Classes	Superficie (ha)	Pourcentage (%) en 2003	Superficie (ha)	Pourcentage (%) en 2015	Évolutions (ha)	Pourcentage (%)
Terrain agricole	9698	28,13	5211	15,12	-4487	-13,01
Sol nu	13086	37,96	7121	20,66	-5965	-17,3
Tissu urbain	7293	21,16	16668	48,35	9375	27,19
Végétation	4397	12,75	5474	15,88	1077	3,12
Total	34474	100	34474	100	-	-

Tableau 9: Taux d'utilisation des terres de 2003 à 2015

Les statistiques montrent une augmentation significative du tissu urbain et une diminution correspondante des terres agricoles et des sols nus.

3.7.1. Impact de l'Évolution Démographique sur la Dégradation des Sols

- ❖ **Conversion des Terres Agricoles :** L'augmentation de la population a conduit à une conversion massive des terres agricoles en zones urbaines. Entre 2003 et 2015, environ 4487 hectares de terres agricoles ont été convertis, représentant une diminution de 13,01 %. Cette tendance a continué jusqu'en 2022, bien que la perte se soit légèrement ralentie.
- ❖ **Réduction des Sols Nus :** Les sols nus, souvent convertis en zones de construction, ont diminué de 5965 hectares (17,3 %) entre 2003 et 2015. Cependant, une légère augmentation a été observée entre 2015 et 2022, probablement due à des zones nouvellement défrichées pour des projets de construction.
- ❖ **Expansion Urbaine :** La surface occupée par le tissu urbain a considérablement augmenté, passant de 7293 hectares en 2003 à 16668 hectares en 2015, puis à 17427 hectares en 2022. Cette expansion de 29,39 % sur près de deux décennies illustre la forte pression démographique et l'expansion rapide des infrastructures urbaines.

- ❖ **Déforestation et Diminution de la Végétation** : La couverture végétale a légèrement diminué de 640 hectares (1,85 %) entre 2003 et 2022. Bien que cette diminution semble moins drastique, elle a des implications importantes pour la biodiversité et les écosystèmes locaux. La réduction de la végétation peut également contribuer à l'érosion des sols et à la perte de fertilité.

3.7.2. Conséquences Environnementales

1. **Érosion des Sols** : La conversion des terres agricoles et des sols nus en zones urbaines expose les sols à une érosion accrue, surtout pendant les périodes de pluie intense. L'absence de végétation pour retenir les sols augmente le risque de dégradation.
2. **Perte de Fertilité** : La diminution des terres agricoles réduit la capacité de production agricole, impactant la sécurité alimentaire locale. Les pratiques agricoles intensives sur des terres réduites peuvent également épuiser les sols, diminuant leur fertilité à long terme.
3. **Fragmentation des Habitats** : L'expansion urbaine entraîne la fragmentation des habitats naturels, affectant la biodiversité locale. Les corridors écologiques sont perturbés, ce qui a des conséquences négatives sur la faune et la flore.
4. **Qualité de l'Eau** : La déforestation et l'urbanisation peuvent altérer les régimes hydrologiques locaux, affectant la qualité et la disponibilité de l'eau. La pollution urbaine peut contaminer les sources d'eau, posant des risques pour la santé humaine et écologique.

3.7.3. Mesures de Mitigation

Pour atténuer les impacts négatifs de l'évolution démographique sur les sols à Kilibo, plusieurs mesures peuvent être envisagées :

1. **Planification Urbaine Durable** : Mettre en œuvre des pratiques de planification urbaine qui préservent les terres agricoles et les zones naturelles. La création de zones tampons et de ceintures vertes peut aider à réduire l'impact de l'urbanisation.
2. **Reforestation et Conservation** : Promouvoir des initiatives de reforestation et de conservation pour restaurer les zones dégradées et améliorer la couverture végétale. Les programmes de reforestation peuvent également contribuer à stabiliser les sols et à améliorer la qualité de l'air.

3. **Gestion Durable des Terres Agricoles** : Encourager des pratiques agricoles durables pour maintenir la fertilité des sols et prévenir l'érosion. L'agroforesterie et l'agriculture de conservation peuvent être des approches efficaces.
4. **Sensibilisation et Éducation** : Sensibiliser les communautés locales à l'importance de la gestion durable des terres et des ressources naturelles. L'éducation sur les pratiques agricoles durables et la conservation de l'environnement peut encourager des comportements responsables.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

L'analyse des évolutions des classes d'utilisation des terres à Kilibo entre 2003, 2015 et 2022 montre une urbanisation rapide, une diminution continue des terres agricoles, des fluctuations dans les superficies de sols nus et une légère diminution de la végétation. Ces tendances soulignent les défis de la gestion des terres dans un contexte de développement urbain accéléré. Il est crucial de mettre en œuvre des stratégies de planification urbaine durable, de protection des terres agricoles et d'initiatives de conservation pour garantir un développement équilibré et durable. Les technologies géospatiales, comme les systèmes d'information géographique (SIG), jouent un rôle clé dans la surveillance et la gestion de ces évolutions, fournissant des outils essentiels pour une prise de décision éclairée.

L'évolution démographique rapide à Kilibo a eu un impact significatif sur la dégradation des sols et la dynamique des terres. L'urbanisation croissante a entraîné une diminution des terres agricoles et des zones naturelles, exacerbant les problèmes environnementaux tels que l'érosion des sols et la perte de fertilité. Il est crucial de mettre en place des stratégies de gestion durable et de conservation pour atténuer ces impacts et assurer un développement équilibré et durable de la région.

L'évolution urbaine de l'arrondissement de Kilibo a des impacts significatifs sur la dégradation des zones agricoles et des forêts. La conversion des terres, la déforestation, et la pression sur les ressources agricoles nécessitent des interventions urgentes et bien planifiées. La mise en œuvre de pratiques de gestion durable et de politiques de conservation est cruciale pour protéger les ressources naturelles de Kilibo et garantir un développement urbain équilibré et respectueux de l'environnement. La géomatique et les technologies de l'information géographique (SIG) jouent un rôle clé dans la surveillance, l'analyse et la gestion de ces impacts, fournissant des données essentielles pour une prise de décision éclairée.

Dans le cadre de cette étude, des images satellitaires de 2003, 2015 et 2022 ont été analysées pour évaluer les changements dans l'utilisation des terres à Kilibo. Les résultats montrent une augmentation notable des zones déboisées près des nouveaux axes routiers. Les données révèlent également une tendance à la conversion des forêts en terres agricoles et en zones résidentielles, particulièrement autour des villages et des routes principales.

L'impact des réseaux routiers sur la dégradation des forêts à Kilibo est profond et multidimensionnel. La facilitation de l'accès, la fragmentation des habitats, l'augmentation des incendies de forêt et la conversion des terres sont autant de facteurs qui contribuent à la perte rapide des forêts dans cette région. Il est crucial de mettre en œuvre des stratégies de gestion durable pour minimiser ces impacts, telles que la régulation stricte de l'accès aux zones forestières, l'application des lois contre la déforestation illégale et la promotion de pratiques

Conclusion générale

agricoles durables. La géomatique, à travers des outils comme ArcGIS, joue un rôle essentiel dans la surveillance et la gestion de ces impacts, fournissant des données précises et en temps réel pour une prise de décision éclairée.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

[**ABD 2014**] ABDELILAH H.M., Apport de la géomatique dans la protection des forêts contre les incendies (cas la forêt Fenouane Ain el Hdjar, Saida), mémoire de master en écologie et environnement, 88p ,2014

[**BAR 2004**] BARBIER C., désertification et forêt. Edition NIL, 159p, 2004

[**BEN 2013**] BENMOSTEFA S., FIZAZI H., «Classification automatique des images satellitaires optimisée par l'algorithme des chauves-souris» in Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection n° 203.Paris, pp. 11-17, 2013.

BM: article sur l'agriculture et alimentation

[**BOU 1999**] BOUZIRI S., Méthodes de détection de changements en télédétection spatiale. Exemple d'application au suivi de la désertification en Afrique du nord. Mémoire d'ingénieur, CUST, EC- Centre Commun de Recherche, Ispra (Italie), 1999

[**CCT 1999**] C.C.T, Cours de télédétection du Centre canadien de télédétection (C.C.T.), 1999

[**COH 1998**] COHEN W. B., FIORELLA M., Comparison of methods for detecting conifer forest change with Thematic Mapper imagery. Remote sensing change detection: Environmental monitoring methods and applications, p. 89-102, 1998

[**DON 2016**] DONZO, L'environnement pour le développement, article scientifique, 37p, 2016

[**DOS 2001**] DOS SANTOS G., Classification automatique à partir de photographie aériennes, rapport de stage, Ademe, SET, 67p, 2001

[**ESC 1999**] ESCADAFAL R. et al., Annual progress report-years 1999 contribution of partner , CAMELEO, centre of the European Commission, Ispra, Italy, 21 p,1999

[**ESP 2019**] ESPERANCE S., NINPHIROU I.S., Evolution de la population et activités agricole dans la commune de Ouesse, mémoire de licence professionnelle à l'université de parakou, 2019

[**FAN 2002**] FRANKLIN S. E., LAVIGNE M. B., WULDER M. A., STENHOUSE G. B., Change detection and landscape structure mapping using remote sensing. The Forestry Chronicle, vol. 78, n° 5, p. 618-625, 2002.

BIBLIOGRAPHIE

[GAS 2015] GASSO D., Croissance démographique et production agricole dans la commune de Tchaourou. Mémoire de licence, FLASH, UP, 52p, 2015

[GEO 2016] GEOFREY L., article, le lien entre l'agriculture et le développement, 10p, 2016.

[GIR 2000] GIRARD MC., Cours de télédétection. Département agronomie environnement, INA, 2000

[GUE 2020] GUELLOUH S., Cours d'introduction à la géomatique, université de Betna(Algérie), 2020

[GUE 2013] GUEYE I., Application de la Télédétection aérospatiale pour l'évaluation de la dégradation des ressources naturelles : cas des sols de la région de Kaolack située dans le Bassin arachidier du Sénégal, Mémoire de thèse à l' Université Cheikh Anta DIOP de Dakar, Faculté des Sciences et Techniques, 2013.

[IBR 2020] IBRAHIMA D., CATHERINE M., OUMAR S.ET TIDIANE S., Cartographie par télédétection l'occupation du sol et ses changements, article scientifique, 36p, 2020

[IDA 2022] IDA A., et HACHEM M., Cartographie de l'occupation du sol dans le périmètre agricole de Banderiane(TIMIMONE), mémoire de master à l'université d'oran2 Mohamed Ben Ahmed, 2022.

[KHA 2020] KHALFAOUI S., KHORDJ K., La cartographie et la caractérisation des transformations rurales et urbaines par une série temporelles des images spatiales et des SIG (Cas de la commune de Misserghine), mémoire de master géomatique, 50p, 2020

[KIS 2005] KISSIRA A., Activités agricoles et dégradation des ressources naturelles dans la commune de Segbana : impact sur la santé des populations. Mémoire de DEA, FLASH, UAC, 65p, 2005

[KLU 2000] KLUSER S., Elaboration d'une carte de couverture du sol par interprétation semi automatisée de l'espace colorimétrique d'ortho photos Application au bassin versant de Nant D'Avril(France, Suisse), Diplôme d'études supérieures en sciences naturelles de l'environnement, Université de Lausanne, 2000

[LAL 1997] Lal R., Advances in Soil Science; Methods for assessment of soil degradation, 407-422p., 1997

BIBLIOGRAPHIE

[LEN 2008] LENIGER V G., FREDDY N., GUDRUN S., Un questionnaire pour la cartographie de la dégradation et de la gestion durable des terres, article scientifique, CDE/WOCAT, FAO/LADA, ISRIC, 40p, 2008

[MAG 2018] MAGBONDE K.S., Contribution à l'amélioration du cadre de vie dans la commune de bohicon (bénin) : proposition d'un plan d'aménagement d'espaces verts dans l'arrondissement ii, mémoire de licence professionnelle, 62p, 2018

[MAI 2011] Mairie de Ouèssè, Plan de Développement Communal de Ouèssè 113p, 2011

[MAR 2002] MARMONNIER P., L'information géographique. ENSG/CERSIG ,11p, 2002

[NOU 2019] NOUR C., BELMEKHFI B.B, La cartographie de l'occupation du sol en utilisant image satellitaire de la plaine de m'lata. Mémoire de fin d'étude en vue d'obtention du diplôme de master en géomatique, université d'oran2 mohamed ben ahmed, 63p, 2019

[PAF 1996] PAPF de Tchaourou-Toui-Kilibo., Description du plan et du manuel et de procédures. Direction des Forêts et des Ressources Naturelles, Cotonou, Benin. 86p Paris-Grignon, 1996

[PRA 2003] PRASUHN V., MOHNI R., GIS-gestützte Abschätzung der Phosphor- und Stickstoffe inträgeaus diffusen quellen in die gewässer des kantonsbern, interner berichtfal, amtfürge wässerschutz und abfall wirtschaft, kantonbern (gsa), gruppege wässerschutz, station fédérale de recherches en agroécologie et agriculture, zürich-reckenholz, 2003

[SAM 2013] SAMSON R.I., Croissance démographique et production agricole dans la commune de NIKKI. Mémoire de licence, FLASH, UP, 59p, 2013

[SIT 2006] SITAYEB T., Application de la géomatique dans l'étude de la dynamique de la végétation dans la plaine de la Macta. Thèse de magistère, centre universitaire de Mascara, 2006

[SOU 2013] SOUMANOU A. A., Analyse systémique de la mise en œuvre du plan d'aménagement participatif de la Forêt Classée de tchaourou-Toui-Kilibo (FC-TTK) au Benin, mémoire de fin d'Etudes Supérieures Spécialisées (DESS) en « Aménagement et gestion intégrés des forêts et territoires tropicaux », 80p, 2013

BIBLIOGRAPHIE

[TAY 2016] TAYEWO H., Activités agropastorales dans la commune de Ouèssè. Mémoire de licence, FLASH, UP, 72p, 2016

[VOD 2015] VODOUNOU J.B., La dynamique urbaine de Parakou au moyen des images satellitaires landsat, article, 21p, 2015

[WEI 2003] WEICHENG W., Application de la géomatique au suivi de la dynamique environnementale en zones arides — Exemple de la région de Nouakchott en Mauritanie, du Ningxia nord et du Shaanxi nord en Chine du nord-ouest, mémoire de doctorat à l'université de paris 1-pantheon-sorbonne et de l'école pratique des hautes études, 2003

Webographie :

www.wikipedia.com

www.google scholar.com

❖ **Liste des tableaux**

N	Tableaux	Page
1	Température moyenne mensuelle de 2015-2020	23
2	Pluviométrie moyenne annuelle (2015-2020) de l'arrondissement de Kilibo	25
3	Structure de la population par sexe	30
4	Caractéristiques des images satellitaires	38
5	Superficie des classes d'occupation du sol de l'image 2003	49
6	Superficie des classes d'occupation du sol de l'image 2003	51
7	Superficie des classes d'occupation du sol de l'image 2003	44
8	Taux d'évolution des classes d'occupation du sol entre 2003, 2015 et 2022	55
9	Taux d'utilisation des terres de 2003 à 2015	63

❖ **Liste des cartes**

N	Cartes	Page
1	Localisation du Bénin	16
2	Localisation de l'arrondissement de Kilibo	17
3	Carte des courbes de niveau de l'arrondissement de Kilibo	19
4	Carte des courbes des pentes de l'arrondissement de Kilibo	21
5	Carte des courbes du réseau hydrographique de l'arrondissement de Kilibo	22
6	Carte des sols (coté Foret Kilibo)	27
7	Carte d'occupation du sol de l'arrondissement de Kilibo de l'année 2003	48
8	Carte d'occupation du sol de l'arrondissement de Kilibo de l'année 2015	51
9	Carte d'occupation du sol de l'arrondissement de Kilibo de l'année 2022	53
10	le réseau routier de l'arrondissement de Kilibo	58
11	l'évolution urbaine & le réseau routier de l'arrondissement de Kilibo	60

❖ **Liste des figures**

N	Figures	Page
1	Les fonctions d'un système d'information géographique	12
2	Les modes de représentation des données géographiques	13
3	Température annuelle de 2015 à 2020	24
4	Pluviométrie annuelle	25
5	Mode d'accès au foncier dans l'arrondissement de Kilibo	28
6	Evolution démographique de la population d'arrondissement de Kilibo(1992-2013)	29
7	Structure de la population par âge de l'arrondissement de Kilibo	30
8	Principe de la classification des images	39
9	Les étapes de la classification non supervisée	40
10	Les étapes de la classification supervisée	41
11	Organigramme de traitement d'image satellitaire	47

❖ **Liste des images**

N	Images	Page
1	Composites des bandes	43
2	Outil clip	44
3	Echantillon	44
4	Boite de maximum de vraisemblance	45
5	Boite Add field	46
6	Boite de calcul geometry	46

❖ **Liste des photos**

N	Photos	Page
1	Type d'habitat dans l'arrondissement de Kilibo	31
2	Champs de maïs	32
3	Champs de soja	32
4	Champs de manioc	33
5	Champs d'arachide	33
6	Champs de piment	34
7	Pâture dans une exploitation agricole et abreuvement des bœufs dans un barrage	34
8	Les résidus de soja	35
9	Consommation des épluches de manioc par les bœufs	35