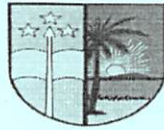


UNIVERSITE DE KISANGANI



B.P.2012
KISANGANI

FACULTE DE GESTION DES RESSOURCES NATURELLES RENOUVELABLES

Option : Eaux et forêts

LA CARTOGRAPHIE PAR TELEDETECTION DE LA VILLE DE KISANGANI ET SON EXTENSION SPATIALE DE 1985 A 2015.

Par

Moise MAZABURU MISSA

Mémoire présenté et défendu en vue de
l'obtention du grade d'Ingénieur agronome
Option : Eaux et forêts.

Directeur : Prof BOTULA (UNIKIN)
Encadreur : Chef de Travaux Jean-Fiston
MIKWA NGAMBA.

ANNEE ACADEMIQUE 2014-2015

EPIGRAPHIE

« Toutes sagessees commencent par la crainte de l'Eternel »

DEDICACE

*A vous mes chers parents François ATULU NDANDANGU et Jeannette ENGWASELEMA
NGUAY.*

*A vous mes chers frères et sœurs : MANZILIMA ATULU, BADANEBUA ATULU, MATALADE
ATULU, NDANDANGU ATULU, ENGWASELEMA ATULU, TSAKAY ATULU, YAZU ATULU,
NDAILAE ATULU et Cami MANZILIMA.*

A mes enfants HANRISON et MANUELLA.

Je vous dédie ce travail, issue d'endurance, de l'abnégation et des sacrifices.

Résumé

La présente étude est basée sur la problématique de l'occupation du sol de ville Kisangani c'est-à-dire l'évaluation de son extension spatiale et celle de niveau actuel de la déforestation, la dite étude est bornée entre une période allant de 1985 à 2015. Tout en considérant l'évolution démographique comme un enjeu occasionnel de ces deux problèmes, cette étude a commencé par l'acquisition des images Landsat de 1985, 1990, 2001 et 2015, en suite elles ont subi les traitements pour générer 5 types d'occupations du sol (classes : **forêt primaire**, **forêt secondaire**, **eaux**, **espace vers l'urbanisation** et enfin **espace urbanisé**).

De ces classes, 4 ont été retenues pour les différentes analyses, les données chiffrées de 2 de ces 4 classes ont été utilisées :

- ❖ Pour la détection l'extension de la ville durant notre période d'étude, s'agissant de la classe **espace urbanisé**.
- ❖ Et pour l'évaluation de taux de déforestation, la classe **forêt primaire** a été utilisée.

Les résultats de cette analyse sont les suivants :

- ❖ Quant à l'extension de la ville durant la période d'étude qui part de 1985 à 2015 il a été remarqué que la ville de Kisangani a subi une augmentation de 9% donc elle est partie de 2% de la superficie en 1985 à 11% en 2015.
- ❖ Tandis que pour ce qui concerne le taux de déforestation il y a lieu de signaler que de 1985 à 2015 il y a eu un taux de déforestation de 1,46%. ce qui revient à dire que dans la période de 30 ans une déforestation moyenne a été observée, nous sommes passés d'une superficie de 103046,4646 hectares en 1985 à 57819,8857 hectares en 2015. Soit une perte de 45226,5789 hectare.

Abstract

Present study is basée sur la problématique de l'occupation du sol de ville de Kisangani ce est-à-dire l'évaluation de l'extension La fils spatiale et Celle de niveau actuel de la déforestation, la dite study is bornée Entre juin Période Allant de 1985, une 2015. Tout en Considérant l'Évolution démographique Comme en Engin occasionnel des bureaux Deux Problèmes, this Etude commencée par l'une acquisition des images Landsat de 1985, 1990 2001 et 2015, salle Elles Ont Subies les Traitements verser générée 5 D'types occupations du sol (classes: forêt primaire, forêt secondaire, eaux, espace vers l'urbanisation et enfin espace urbanisé). De Classes de CES, 4 Ont Étés Retenues verser les différentes analyses, les Données chiffrées de 2 de bureaux 4classes Ont été utilisées: Pour la détection l'prolongation de la Ville Durant Notre Période d'étude, s'agissant de la classe espace urbanisé.

Et Pour l'évaluation de Taux de déforestation, la classe forêt primaire was Utilisée. Les resultats de this is analyser le Suivants:

Quant à la l'extension de la ville de Durant la Période d'étude Qui partie de 1985, un 2015 il was Remarque Que la ville de Kisangani a subie Une augmentation de 9% Fait Elle Est partit de 2% de la superficie en 1985 A 11% en 2015.

TANDIS Que pour ce Qui concerne le Taux de déforestation il ya lieu de signaler Que de 1985, un 2015 il ya eu des Nations Unies Taux de déforestation de 1,46%. Ce Qui revient à dire au Québec Dans la Période de 30ans juin déforestation moyenne was OBSERVEE, Nous Sommes Passés D'une superficie de 103046,4646hectares en 1985, une 57819,8857hectares en 2015. Soit juin Perte de 45226,5789hectare.

REMERCIEMENT

Après avoir fait une longue période de dur labeur, nous voici aujourd'hui à terme de notre parcours universitaire. A l'heure où nous construisons les dernières phrases de notre travail de fin d'étude nous sentons un réel plaisir de remercier de tous nos cœurs toutes personnes qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à sa réalisation. La liste est tellement longue à tel point que tous les noms ne sauront se figurer, d'avance nos excuses.

Tout d'abord nos sincères remerciements s'adressent au Tout Puissant Dieu le créateur pour son amour envers nous et pour le souffle de vie qu'il garde encore en nous, sans lequel le présent travail ne serait pas à son terme.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude au Chef de travaux Jean-Fiston MIKWA pour la marque d'encadrement mais aussi le fait de nous avoir initié correctement à une technologie de pointe sur les applications et outils de la télédétection et Sig.

Le mot nous manque, pour exprimer nos gratitudes envers vous mes chers parents, frères et sœurs pour votre patience, soutien, amour vos encouragements et surtout vos sacrifices pour qu'on arrive aujourd'hui à fin de notre course académique, vous étiez victime de beaucoup de choses pour nous privilégiés (parfois de nuit sans rien à manger d'autre part vous ne partez pas à l'école...) juste pour canaliser ces fonds vers nous enfin que nous terminions en paix cette marche de 5ans. Veuillez trouver dans ce paragraphe l'expression de nos plus profondes reconnaissances.

Nos remerciements s'adressent à toutes les familles : Paulin ODIANE, Jean MATETE, Augustin KILIMA, André SANZA, Olivier AZANGA,...

A vous tous nos compagnons de lutte amis de moment difficile : Benjamin NTUMBA KATSHELA, ASSUMANI BENGYAMA, ATAMA ANITA, BAHATI DHATA, EMELEMEKIA KASINDE, TUSSE ZUMBI, MBUY, SALUMU ISIAKA, ANITAMBUA SUNGU,...

La grande famille LIDEMA Joseph, Athanase, Jolie BAPEMA, Félicie NEKUMU, Max KAMADU, Julien BISAMBIRO, Ernest ATUBA nous vous remercions pour vos soutiens.

Moise MAZABURU MISSA

INTRODUCTION

PROBLÉMATIQUE

La déforestation est aujourd'hui un problème qui préoccupe de plus en plus l'humanité, à cause de ses impacts sur les populations locales et le climat (NSHIMBA et al, 2011). Leur disparition entraîne des bouleversements de la biodiversité et aussi un impact sur les populations et leurs activités (WHITE, 1986). La déforestation, qui est un phénomène mondial en accélération, provoque la disparition des bon nombres d'espèces végétales, animales de grandes valeurs scientifiques et économiques et la fragilisation des écosystèmes (MERCIER, in MIKWA, 2010).

La dégradation des forêts est devenue un problème grave, cela ce fait plus remarquée dans les pays en développement (C.L. Meneses-Tovar). En 2000, on estimait que la superficie totale des forêts dégradées, réparties sur 77 pays, s'élevait à 800 millions d'hectares; sur ces derniers, 500 millions d'hectares étaient passés d'une végétation primaire à une végétation secondaire (OIBT, 2002). Parmi ses divers impacts négatifs, le processus de dégradation des forêts constitue une part significative des émissions de gaz à effet de serre. Il apparaît urgent de mesurer et d'analyser ce processus, en vue de concevoir une action susceptible de l'inverser (C.L. Meneses-Tovar). Ce sont généralement des phases de dégradation qui se manifestent par la régression spatiale et altération qualitative sous l'influence de facteurs naturels mais surtout à cause d'une urbanisation galopante. C'est ainsi que NIANG et al. (2004) soulignent la tendance à l'artificialisation des milieux naturels à Dakar. Cette tendance aboutit à la « conversion des zones de végétation naturelle en zone de cultures ou la conversion des zones de cultures en zone d'habitation » (NIANG in NTUMBA 2014).

D'après les chiffres de la FAO la surface forestière diminue chaque année à l'échelle mondiale, d'environ 80.000Km² entre 1990 et 2005 (en tenant compte de la reforestation). Cette déforestation est surtout perceptible dans les forêts tropicales, même si une récente étude indique que certaines zones forestières au Canada ont également été intensément déboisées a plus grande échelle, les zones les plus touchées par la déforestation sont d'abord les forêts d'Amazonie, suivies des forêts asiatiques et enfin de celles du bassin du Congo (REUSENS Quentin)¹.

¹ Apport de la télédétection à très haute résolution pour la caractérisation d'un peuplement de forêt tropicale humide.

Et pourtant la RDC possède un patrimoine forestier immense qui représente 10% des réserves forestières tropicales du monde, soit près de 50% des forêts denses d'Afrique et 60% des forêts du Bassin du Congo (MATE 2014).

Ces forêts ainsi que les eaux congolaises regorgent d'une énorme diversité biologique. Outre les 7 parcs nationaux, la RDC compte 57 domaines et réserves de chasse. Cinq de ces aires protégées ont le statut des sites du patrimoine mondial de l'UNESCO. Avec 421 espèces recensées, le pays dispose du plus grand nombre de mammifères de toute l'Afrique. Ce qui le classe parmi les 10 pays de la méga biodiversité du monde, rassemblant à eux seuls environ 60% des espèces animales et végétales actuellement recensées.

Au regard de sa grande étendue et de la richesse exceptionnelle en ressources floristiques, fauniques et en eaux, les forêts congolaises deviennent non seulement une des locomotives du développement socio-économique ainsi que l'engin de réduction de la pauvreté des populations congolaises, mais aussi contribuent d'une manière substantielle à l'équilibre environnemental et la conservation de la diversité biologique de la planète.

Malgré tous ces que nous venons de cité ci-haut les niveaux de déforestation et de dégradation des forêts congolaise sont très variables selon les zones et la densité des populations. En moyenne, le taux de déforestation est relativement faible (0,27%). Cependant, les zones très peuplées de l'Est, dans et autour de Kinshasa et dans la province du Bas-Congo sont celles qui présentent des niveaux de déforestation et de dégradation de la biodiversité les plus élevés.

On a enregistré des pertes de 3701000ha des forêts entre 1995 et 1999 (FAO, 2003). Par ce fait la R.D. Congo se classe en 7è position au niveau mondial sur la liste des pays ayant un fort pourcentage de déforestation après la Russie, le Brésil le Canada, les E-U, la Chine, et l'Inde. Par ailleurs, la déforestation est reconnue comme un problème majeur de conservation, mais on s'est peu soucié à sa quantification à petite échelle et à ses conséquences (SADAM).

Les territoires de la République Démocratique du Congo (RDC) demeurent boisés aux deux tiers, conservant pas moins de 155 millions d'hectares de forêts, dont 86 millions sont des forêts humides (40 % de la superficie du pays) (MATE 2014).

A l'échelle de la planète, on sait que la quantité de CO₂ piégée par les forêts est 45 fois supérieure à celle émise chaque année par l'exploitation des énergies fossiles et la fabrication de ciment. Or, il s'avère que le massif forestier de la RDC renferme seul 8% de ce volume ; ce qui fait de lui le premier piège forestier à carbone d'Afrique et le quatrième dans le monde.

De plus, certaines prévisions tablent sur une disparition de 40% des forêts du Congo d'ici à l'horizon 2050. D'où la nécessité de développer une gestion forestière respectueuse de l'environnement (Déclaration de Bruxelles, 2007 in NGABO).

En RDC, les études basées sur l'imagerie satellitaire (Decadal Forest Change Monitoring) présentent pour la période allant de 1990–2000 donne une perte du couvert forestier de 2,0 millions d'ha, soit un taux annuel de 0,18% (Lindquist et al, 2010, cité par WRI, 2010). Les premières estimations des changements pour la période 2000–2005 indiquent un taux de déforestation en Afrique de 0,76% sur 5 ans, soit 0,15%/an, ce qui représente une superficie d'environ 1,6 millions ha (WRI, 2010). Parallèlement à ces études, le rapport de la FAO (2005) sur l'évaluation des ressources forestières mondiales présente les résultats de l'évolution du couvert forestier (déforestation) pour l'ensemble de la RDC de la manière suivante : - 0,6% entre 1980 et 1990, - 0,4% entre 1990 et 2000, et - 0,2% entre 2000 et 2005. Selon Defourny (2011), la majorité des résultats montrent une certaine stabilité temporelle des facteurs dominants les processus de déforestation et de dégradation pour les deux périodes 1990-2000 et 2000-2005.

Face au problème majeur de la déforestation, l'évolution démographique mondiale est considérée comme une problématique centrale de ce siècle responsable de celle-ci. Cette évolution n'est pas la même partout, les pays du sud sont en effet beaucoup plus touchés par cette explosion démographique que les pays du Nord (Benckroun, 1995). Une des principales conséquences de cette évolution est le phénomène d'urbanisation : la croissance urbaine engendre la présence d'agglomérations sans cesse plus grandes, plus peuplées et aussi plus nombreuses. Cette urbanisation est donc devenue bien présente dans les pays du sud dans lesquels on retrouve la majorité de ces mégaloilles nouvellement créées (Grimm et al., 2008).

Une de ses caractéristiques est le développement des zones périurbaines qui, anarchique ou contrôlé, déterminent l'extension de ville. Cette extension ne peut se faire sans conséquences. Lorsqu'une ville se développe, elle transforme l'occupation du sol. Cette urbanisation est donc essentiellement préjudiciable au milieu naturel qui l'accueille (Burel et Baudry, 1999). Les changements d'occupation du sol consistent la plupart du temps en une déforestation : les forêts primaires sont abattues au profit de plantations ou d'activités agricoles qui accompagnent l'évolution d'une ville avec une population croissante toujours plus demandeuse en ressources. D'après la FAO (2010), ce sont ainsi chaque année plus de 13 millions d'hectares de forêt qui partent en fumée.

Selon plusieurs auteurs en RDC, comme dans la majorité des pays africains, la croissance démographique est élevée. Selon les données les plus récentes de la FAO (2009) et de l'INS (2012), la population congolaise est passée de 29 millions en 1980 à 60,2 millions en 2006, et devrait atteindre 108 millions d'ici 2025. A cette poussée démographique s'ajoute l'instabilité politique suite aux récents conflits armés, et le faible développement des activités industrielles dans le pays. La pauvreté est donc aigüe (80 % de la population vit en dessous du seuil de pauvreté fixé à 2 dollars par jour) et le phénomène de l'exode rural ce qui fait que les besoins en matières premières ne cessent d'augmenter.

Les besoins en bois sont les plus importants notamment pour les constructions, le feu et la fabrication de charbon de bois. Le bois de chauffage constitue la principale source d'énergie pour la totalité des familles rurales et 91,5 % des familles urbaines en RDC (Ministère de l'Energie, 2009).

Bois énergie qui fournit plus de 80% de l'énergie domestique. La FAO a estimé en 2003 la consommation annuelle en bois énergie à environ 72 millions de m³. Sur la base d'un prix de vente moyen de 30 dollars US le m³ de fagot ou d'équivalent charbon de bois, le bois énergie représenterait une valeur nominale supérieure à 1 milliard de dollars américains. Une récente étude renseigne que les villes de Kinshasa et de Kisangani consomment respectivement l'équivalent de 4,7 millions de m³ et 200000 m³ de bois pour un chiffre d'affaire de 143 millions de dollars américains (MATE 2014).

Les chiffres présentés ci-dessus concernent en majorité l'ensemble du pays. Ils cachent d'importantes disparités régionales qu'il convient de pouvoir cerner

afin de mieux comprendre les mécanismes sous-jacents aux processus de déforestation et de dégradation des forêts de la RDC en général en particulier la ville de Kisangani.

Raison pour laquelle, dans ce présent travail, nous voulons bien savoir à l'aide des outils de la télédétection et de SIG (cartographiques), si la ville de Kisangani a subie une extension spatiale se traduisant par l'augmentation de sa superficie initiale et si les forêts se trouvant à ses alentours ont subies également une déforestation qui se traduit par la diminution de leurs superficies de 1985 à nos jours.

HYPOTHESE

- La cartographie de l'extension spatiale de ville de Kisangani nous permettra de savoir le changement considérable de l'occupation du sol qu'a subi celle-ci de 1985 à nos jours.
- De 1985 à 2015, la dynamique d'occupation du sol tend vers une perte en quantité (superficie) du couvert forestier d'une part et elle conduit à une extension de la zone urbaine d'autre part.

OBJECTIFS

Ce présent travail aura comme objectifs:

- Arriver à produire la carte de la ville de Kisangani tout en déterminant son extension spatiale dans une période allant de 1985 à nos 2015 ;
- Déterminer le changement du couvert jadis végétal et aujourd'hui remplacer par des infrastructures ;

INTERETS

- Cette étude pourra être utile pour les gestionnaires, et / ou les protecteurs de la biodiversité dans la mesure où, elle permettra de comprendre l'évolution du changement de la couverture verte en même temps l'accroissement de l'espace urbain.
- Sur le plan scientifique elle constituera une source de consultation pour des générations futures.

SUBDIVISION DU TRAVAIL

Outre l'introduction et la conclusion notre présent travail à trois chapitres, le premier chapitre parlera des généralités sur la télédétection, le second va traiter de matériel, milieu d'étude ainsi que la méthodologie et le troisième nous présentera les résultats et discussions.

CHAPITRE PREMIER: GENERALITES

I.1. TELEDETECTION

Selon l'histoire, la télédétection est née de fusion de deux inventions anciennes : la mongolfière et la photographie. En réalité, la télédétection moderne est née de la photographie aérienne, qui a connu un essor considérable au cours du 20^{ème} siècle, surtout au cours de la seconde guerre mondiale... motivée par les objectifs militaires. Mais l'année qui symbolise l'entrée de la télédétection moderne est l'année 1957 avec le lancement de spoutnik, premier satellite artificiel. Depuis des nombreux pays dont les USA, le Canada, la France, la Russie, la Chine, le Japon ou encore l'Inde ont développé leurs propres programmes de télédétection. Aujourd'hui, des dizaines de satellites d'observation de la terre sont en orbite et fournissent en permanence des milliers d'images pour les différentes applications : militaires, civils,...(KAHINDO)².

La télédétection est définie (Journal Officiel, 11 décembre 1980) comme « l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci ». A cette définition très large, on peut ajouter la définition du Larousse Encyclopédie (2009), selon laquelle la télédétection est la technique d'acquisition à distance d'informations de la surface terrestre par analyse d'images provenant d'avions ou de satellites. La télédétection est donc l'ensemble des connaissances et techniques nécessaires pour interpréter divers objets par leurs comportements spectraux et leurs distributions spatiales à l'aide de mesures de caractéristiques spécifiques effectuées à distance (Girard et Girard, 1989 cité par Maréchal Justine, 2010).

La télédétection satellitaire constitue en ce sens l'une des techniques les plus importantes associées à la cartographie. Bien qu'elle n'ait réellement démarré qu'au début des années 70 avec le lancement du premier satellite Landsat, elle est en constante évolution, contrairement à la photo aérienne qui semble désormais atteindre ses limites, et elle devrait donner à la cartographie des performances inédites à ce jour (Steinberg, 2000 ; Mikwa ; 2014b).

² Note de cours « notion de base de télédétection 2014 p.4»

La Figure 1 rappelle les principes de base de la télédétection.

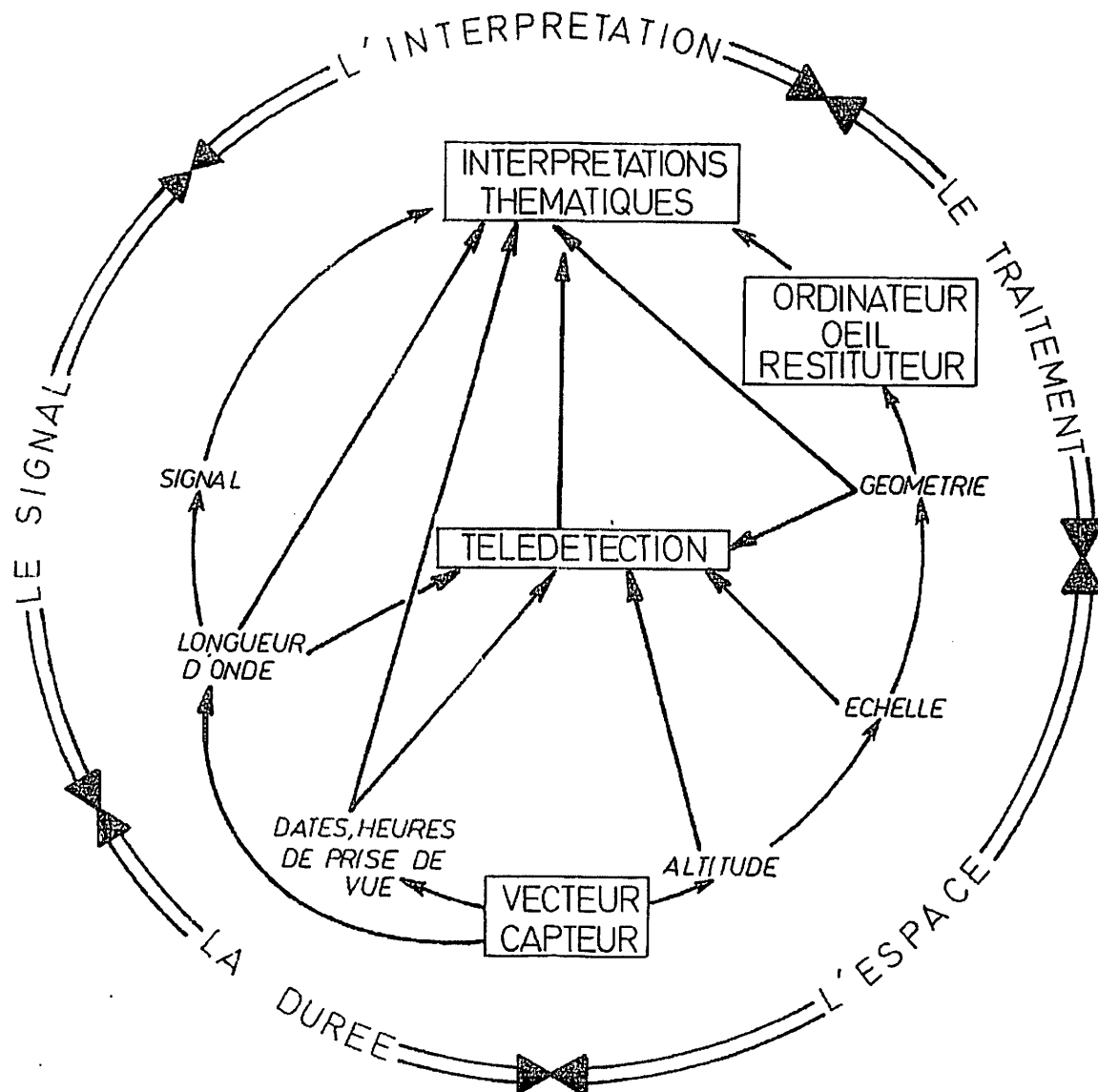


Figure 1 : Schématisation des relations entre les différentes composantes principales de la télédétection (Girard et Girard, 1989).

1.1.1. Acquisition des images

Les systèmes de télédétection équipant les satellites d'observation terrestre une répétition des enregistrements de tous les lieux observés intervalle irrégulier. Jusqu'à présent, les capteurs utilisés à des fins commerciales n'offrent pas la possibilité d'obtenir une image d'une région définie en direct ou à un moment déterminé. Actuellement deux méthodes existent pour accéder aux images :

- La première méthode consiste à rechercher, pour une région déterminée, les images disponibles. Dans ce cas, une multitude de base de données sont accessibles sur internet. Elles contiennent les images enregistrées par des capteurs différents pendant leur de vie. Les identifiées peuvent être commandées directement.
- La deuxième méthode d'acquisition d'une image sur commande s'applique pour les systèmes de très haute résolution. Elle suppose d'avoir des coordonnées géographiques précises de la zone choisie. Ces coordonnées sont ensuite utilisées pour programmer le satellite afin de prendre l'image de la die zone(KAHINDO).

L'imagerie satellitaire n'a rien à voir avec la photographie « classique » dans la mesure où la lumière n'impressionne pas une émulsion, mais est enregistrée par des instruments d'optique à balayage : il faut donc parler d'image et non de photographie. Les flux lumineux captés sont ensuite retransmis au sol vers une station de réception où ils sont numérisés et enregistrés informatiquement. Pour obtenir une image cartographique proprement dite, il faut ensuite traiter ces données à plusieurs niveaux : radiométrique, géométrique, graphique et statistique (Steinberg, 2000). Alors que les corrections radiométriques relèvent de l'étalonnage et sont spécifiques aux détecteurs, les corrections géométriques tiennent compte des conditions de prise de vue (Girard et Girard, 2010).

En télédétection, le capteur n'est donc plus un avion mais bien un satellite circulant en orbite quasi-polaire et héliosynchrone, ce qui signifie qu'il passe au-dessus des pôles et se déplace en même temps que le mouvement apparent du soleil, de manière à couvrir au mieux la surface terrestre (Mikwa, 2008). L'altitude du satellite peut varier entre 800 et 900 km, citons en exemple le satellite français SPOT qui a une altitude de 822 km (Steinberg, 2000). Les capteurs satellitaires permettent de mesurer la réflectance des objets étudiés dans une gamme donnée de longueur d'onde (bande spectrale). Par ailleurs, si l'on considère la source du rayonnement électromagnétique, il convient de distinguer deux types de capteurs : les capteurs actifs et les capteurs passifs. Les premiers envoient une énergie qui leur est propre et recueillent la fraction que les objets en renvoient : RADAR (« Radio Detection And Ranging »), LIDAR (« Light Detection And Ranging »), LASER (« Light Amplification by Stimulated Emitted Radiation »), etc. Les seconds utilisent un émetteur principal extérieur qui est bien souvent le Soleil, et s'en servent pour recevoir l'énergie que les objets émettent ou réfléchissent

(radiomètres, caméras, etc.). Les divers types de capteur sont tous construits sur un même schéma. Ainsi, on retrouve, en allant de la réception du signal vers son stockage : un système recevant le rayonnement de l'objet terrestre et un télescope (objectif), une source de calibration et un spectromètre avec des détecteurs, un amplificateur et un système d'enregistrement (Girard et Girard, 2010). Le Tableau 1 propose une synthèse des principaux capteurs et satellites d'observation de la terre à haute et très haute résolution.

Trois paramètres principaux caractérisent les images provenant des capteurs de télédétection :

- **La *résolution spatiale***: la capacité de distinction de deux points rapprochés, autrement dit la surface couverte par un pixel ;
- **La *résolution spectrale***: la capacité de discrimination des objets entre eux, à résolution spatiale identique, influencée par la largeur de la (des) gamme(s) de longueurs d'ondes captées pour produire l'image (Girard et Girard, 1989) ;
- **Le *champ global ou scène***: la surface totale constituant une image

1.1.2. Classifications des images satellitaires

1.1.2.1. Principe de la classification

La classification est une opération employée pour réduire le nombre de classes d'objets à une valeur compatible avec une représentation sous forme de carte thématique. Il s'agit de l'une des applications principales de la télédétection, et l'objectif d'une telle classification est la constitution d'une correspondance entre des classes spectrales et des classes thématiques. Les classes spectrales correspondent à des groupes de pixels de mêmes caractéristiques sur le plan spatial et/ou spectral. Ces classes sont définies à l'aide de paramètres statistiques tels que la moyenne et l'écart-type. Les classes thématiques quant à elles correspondent à des catégories d'éléments semblables identifiées par l'utilisateur en fonction des objectifs de l'étude. Dans notre cas, il s'agira de catégories d'occupation/utilisation du sol. Il existe trois grands types d'apprentissage : non supervisé, supervisé et hybride. Le choix d'un de ces types constitue la base de la classification. Le type d'apprentissage choisi peut alors être couplé à différentes entités spatiales : les pixels de l'image, des ensembles cohérents de

pixels appelés objets, ou une entité mixte résultant de la combinaison des deux première (MIRECHAL).

On constate qu'actuellement, la tendance à utiliser l'approche objet se renforce lors d'études sur l'occupation du sol, bien qu'il existe encore de nombreux exemples d'utilisation de l'approche pixel. Ce ne fut pas toujours le cas : en effet, la majorité des classifications d'occupation/utilisation du sol avaient lieu dans le passé par des approches basées sur les pixels. Ces classifications pouvaient être soit supervisées, soit non supervisées, voire même hybrides. Cependant, le gros défaut des classifications par pixel est l'effet « poivre et sel » qui est inhérent à leur mode de fonctionnement et qui ne contribue pas à améliorer leur précision.

D'où l'utilisation de l'approche objet, qui colle mieux à la réalité de terrain et n'a pas cet effet « poivre et sel ». Une classification par objet a donc une performance supérieure à celle d'une classification par pixel, que celle-ci soit supervisée ou non supervisée (Weih et Riggan, 2010).

1.1.2.2. Types d'apprentissage

- ***Méthodes non supervisées***

Les méthodes de classification non supervisées consistent à effectuer une partition des données en fonction de leur structure propre. Il est important de signaler que le terme « non supervisé » fait uniquement référence au fait qu'aucune information relative au terrain n'est directement introduite dans le calcul. Cela ne signifie aucunement que la classification est sans intervention humaine (Girard et Girard, 1989).

Ce type de classification est plus souvent utilisé dans une approche par pixel. Rien n'interdit cependant son utilisation dans le cadre d'une approche par objet. Ce type de classification est utilisé lorsqu'on n'a aucune connaissance du terrain et qu'aucune information sur les comportements spectraux des objets composant l'image n'est disponible à priori.

- ***Méthodes supervisées***

Le principe des méthodes de classification supervisées reste identique, que l'on effectue une classification par pixel ou par objet. Elles consistent à identifier sur l'image des pixels ou des objets appartenant aux différentes classes thématiques que l'on souhaite cartographier. Ces éléments correspondent à des zones d'entraînement qui vont permettre à l'algorithme de classification de créer des signatures spectrales

contenant des informations statistiques sur les valeurs numériques des pixels/objets à l'intérieur de chaque classe. Dans un second temps, l'algorithme compare chaque pixel/objet avec les signatures de référence, et les verse dans la classe dont il est le plus proche sur le plan statistique.

- *Méthodes hybrides*

Les procédures de classification hybride comprennent des caractéristiques de classification supervisée et non supervisée. Elles sont utilisées pour améliorer la précision et/ou l'efficacité du processus de classification. De nombreuses formes de classifications hybrides ont été développées. Elles sont particulièrement valorisables dans des analyses pour lesquelles il y a une forte variabilité dans les réponses spectrales des types d'occupation présents, comme par exemple lors d'une étude de cartographie de végétation (Lillesand et al., 2004).

I.1.3. Types d'orbites

a. Orbite géostationnaire

Certains satellites ont une altitude très élevée et regardent toujours la même région de la surface de la terre, ils ont une orbite géostationnaire. Les satellites géostationnaires sont installés sur une orbite circulaire dans le plan de l'équateur (inclinaison nulle), et de période égale à la durée d'une rotation de la terre sur elle-même (orbite géosynchrone). L'altitude est d'environ 35.000Km. ces satellites apparaissent donc stationnaires, à une longitude donnée, face à l'équateur. Le champ d'un satellite géostationnaire s'étend de 60°N à 60°S et sur 120° de longitude. Ce type d'orbite est utilisé par les satellites météorologiques, qui peuvent obtenir, avec une très grande répétitivité (tous les 1/2heure pour Météosat), des images globales d'une vaste portion de la surface terrestre ; le système mondial de surveillance de l'atmosphère terrestre par télédétection utilise la complémentarité d'un réseau d'au moins 5 satellites géostationnaires et de satellites à défilement sur orbite basse. (KAHINDO).

b. Orbite quasi-polaire

D'autres plates-formes spatiales suivent une orbite allant pratiquement du nord au sud ou vice versa. Cette configuration, combinée à la rotation de la terre (ouest-est), fait qu'à une certaine période, les satellites ont observé la presque totalité de la surface de la

terre. Ce type d'orbite quasi polaire à cause de l'inclinaison de l'orbite par rapport à une ligne passant par les pôles Nord et Sud de la terre(KAHINDO).

1.1.4. Signatures Spectrales de Principales Surfaces Naturelles

En fonction de la nature et des caractéristiques intrinsèques des objets et des surfaces, le rayonnement incident interagira avec la cible selon l'une ou l'autre des propriétés citées précédemment, ou de manière générale selon une combinaison de ces propriétés. Chaque surface possède ainsi une signature spectrale (quantité d'énergie émise ou réfléchiée en fonction de la longueur d'onde) qui lui est propre et qui permettra son identification sur les images satellitaires.

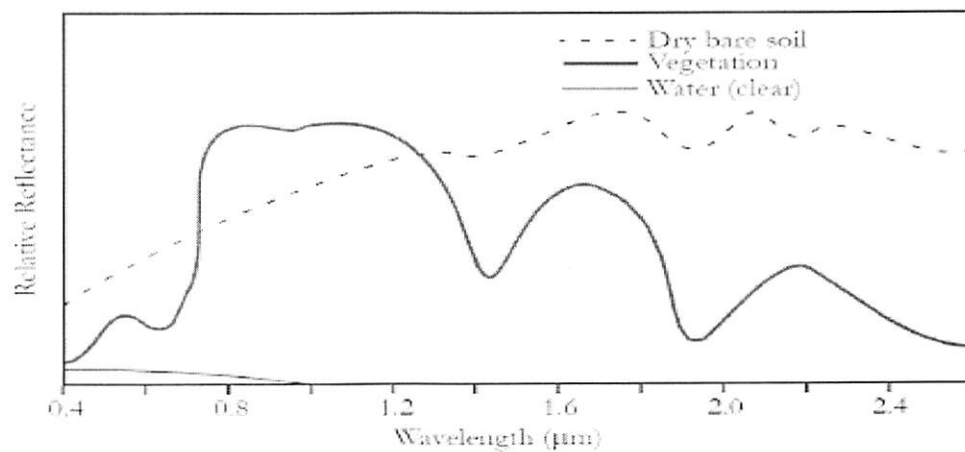


Figure 2 : Signatures Spectrales de Principales Surfaces Naturelles

Caractéristiques des images Landsat

Le programme Landsat

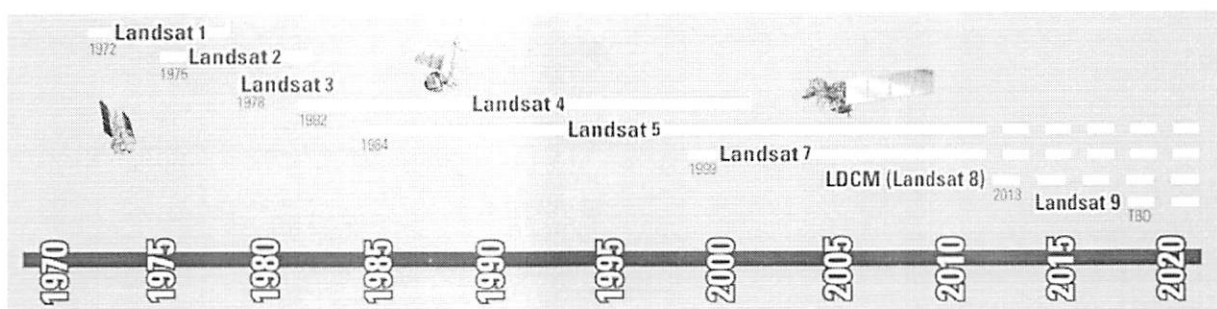


Figure 3 : programme de l'évolution de satellite landsat

LANDSAT 1ère série : Landsat 1 à 3:

Les 3 premiers satellites furent identiques et leur charge utile était constituée de deux instruments optiques, un capteur multispectral (Multi Spectral Scanner - MSS) et une série de caméras vidéo (Return Beam Vidicom - RBV) (Mikwa, 2010).

Tableau 1. landsat 1ère série : Landsat 1 à 3

Bande	Bandespectrale	Résolution
4	0,5 - 0,6 μm	79 m x 82 m
5	0,6 - 0,7 μm	79 m x 82
6	m 0,7 - 0,8 μm	79 m x 82 m
7	m 0,8 - 1,1 μm	79 m x 82 m
8	10,5 - 12,4 μm	240 m x 240 <i>(LANDSAT 3 uniquement)</i>

LANDSAT 2ème série : Landsat 4 et 5

Les 2 satellites suivants (LANDSAT 4 et 5) ont été équipés de 2 capteurs multispectraux (Multi Spectral Scanner - MSS et Thematic Mapper - TM).

Capteurs MSS

Ces scanners étaient identiques à ceux de 2 premiers satellites LANDSAT. La seule différence était que les 4 bandes spectrales ont été numérotées de 1 à 4, suite à l'abandon des caméras RBV. L'acquisition de données par le capteur MSS de LANDSAT 5 a été arrêtée en 1992.

Tableau 2 : landsat 2ème série : Landsat 4 et 5

Bande	Bandespectrale	Résolution	Utilisation
1	0,5 - 0,6 μm	79 m x 82 m	Zones côtières, sédiments marins
2	0,6 - 0,7 μm	79 m x 82	Routes et zones urbaines
3	m 0,7 - 0,8 μm	79 m x 82 m	Etude des végétaux et cartographie des limites terre/eau
4	m 0,8 - 1,1 μm	79 m x 82 m	Etude des végétaux et cartographie des limites terre/eau

Capteurs TM

Ces scanners à haute résolution possèdent 7 bandes spectrales et couvrent toujours une zone de 185 km sur 185 km.

Tableau 3 : caractéristiques des capteurs TM

Bande	Bandespectrale	Résolution	Utilisation
1	0,45 - 0,52 μm	30 m x 30 m	Différenciation sol / végétaux, zones côtières
2	0,52 - 0,60 μm	30 m x 30 m	Végétation
3	0,63 - 0,69 μm	30 m x 30 m	Différenciation des espèces végétales
4	0,76 - 0,90	30 m x 30 m	Biomasse
5	1,55 - 1,75 μm	30 m x 30 m	Différenciation neige/nuage
6	10,4 - 12,5 μm	120 x 120 m	Thermique
7	2,08 - 2,35 μm	30 m x 30 m	Lithologie

LANDSAT 3ème série : Landsat 6 et 7

La dernière génération des satellites LANDSAT a commencé par un échec. LANDSAT 6 a été perdu juste après son lancement le 3 octobre 1993. LANDSAT 7 a été lancé en 1999 et est équipé d'un capteur multispectral (Enhanced Thematic Mapper Plus ETM+).

Tableau 4: caractéristiques Landsat 6 et 7

Bande	Bande spectrale	Résolution	Utilisation
1	0,45 - 0,515 μm (bleu)	30 m x 30 m	Différenciation sol / végétaux, zones côtières
2	0,525 - 0,605 (vert)	30 m x 30 m	Végétation
3	0,63 - 0,69 μm (rouge)	30 m x 30 m	Différenciation des espèces végétales
4	0,75 - 0,90 μm (proche IR)	30 m x 30 m	Biomasse
5	1,55 - 1,75 μm (MIR)	30 m x 30 m	Différenciation neige/nuage
6	10,4 - 12,5 μm (ITR)	60 m x 60 m	Thermique
7	2,09 - 2,35 μm (MIR)	30 m x 30 m	Lithologie
8	0,50 - 0,90 μm (PANCHROM)	15 m x 15 m	

Landsat 8

Le satellite Landsat8 de la NASA, nouvel héritier des satellites américains d'observation de la Terre, était lancé le 11 février 2013. Il couvre la Terre tous les 16 jours avec des images de 185 km x 185 km, en 16 bits, comptant 11 bandes spectrales : 1 bande panchromatique à 15m de résolution, 8 bandes multispectrales à 30m et 2 bandes thermiques à 100m de résolution. Le satellite gravite autour de la terre en 99 minutes soit 14 fois par jour à une altitude de 705 kilomètres (438 milles) sur une orbite polaire.

Il pourra ainsi cartographier l'intégralité de la planète tous les 16 jours, une collecte des données précieuse notamment concernant les forêts, les cours d'eau ou les terres agricoles. Il est prévu qu'il opère durant au moins cinq ans, mais pourrait durer le double. Les informations de Landsat permettent aussi aux pays occidentaux de gérer efficacement les ressources en eaux.

Ces observations continues de notre planète permettent de mieux appréhender les modifications induites par l'exploitation des ressources naturelles ou par les changements climatiques : on peut ainsi voir par exemple à quelle vitesse fond un glacier, ou les dégâts causés par la déforestation dans certaines zones. Ce nouveau satellite transporte deux instruments de mesures plus performants que ces prédécesseurs, un appareil photo (OLI) et un capteur thermique à infrarouge (TIRS) (Robinne, 2013).

Tableau 5 : caractéristique de Landsat 8

Bandes spectrales	Longueur d'onde	Resolution
Bande 1 - Aérosols	0,433 - 0,453 μm	30 m
Bande 2 - Bleu	0,450 - 0,515 μm	30 m
Bande 3 - Vert	0,525 - 0,600 μm	30 m
Bande 4 - Rouge	0,630 - 0,680 μm	30 m
Bande 5 - Infrarouge proche	0,845 - 0,885 μm	30 m
Bande 6 - Infrarouge moyen	1 1,560 - 1,660 μm	30 m
Bande 7 - Infrarouge moyen	2 2,100 - 2,300 μm	30 m
Bande 8 - Panchromatique	0,500 - 0,680 μm	15 m
Bande 9 - Cirrus	1,360 - 1,390 μm	30 m
Bande 10 Infrarouge thermique	10,30 - 11,30 μm	100 m
Bande 11 Infrarouge thermique	11,50 - 12,50 μm	100 m

Tableau6 : Tableau synthétique des Landsats

Caractéristiques	Landsat-1 à 3	Landsat-4 et 5	Landsat-6	Landsat-7	LDCM
Début et fin de mission	Landsat-1 : 1972-1978 Landsat-2 : 1975-1981 Landsat-3 : 1982-1993	Landsat-4 : 1982-1993 Landsat-5 : 1984-2013	1993 (échec)	1999-2012	2013-
Statut satellite	Achevée	Achevée (L-4) Fonctionne en mode dégradé (L-5)	Echec au lancement	Actif	En développement
Masse	816-960 kg	1938-1961 kg	-	2200 kg	2600 kg
Instruments	MSS : radiomètre RVB : caméra vidéo	MSS et TM : radiomètre	MSS et TM : radiomètre	ETM+ : radiomètre	OLI et TIRS : radiomètre
Bandes spectrales	0,5-0,6 µm 0,6-0,7 µm 0,7-0,8 µm 0,8-1,1 µm	0,45-0,52 µm 0,52-0,6 µm 0,63-0,69 µm 0,76-0,9 µm 1,55-1,75 µm 2,08-2,35 µm	-	0,45-0,52 µm 0,53-0,61 µm 0,63-0,69 µm 0,78-0,9 µm 1,55-1,75 µm 2,09-2,35 µm	0,433-0,453 µm 0,45-0,515 µm 0,525-0,6 µm 0,63-0,68 µm 0,845-0,885 µm 1,56-1,66 µm 1,36-1,39 µm 2,1-2,3 µm
Infrarouge thermique	-	10,4-12,5 µm	-	10,4-12,5 µm	10,3-11,3 µm 11,5-12,5 µm
Panchromatique	-	-	-	0,52-0,9 µm	0,5-0,68 µm

Résolution	Générale : 79 m	Générale : 30 m Infrarouge thermique : 120 m	-	Générale : 30 m Panchromatique : 15 m Infrarouge thermique : 100 m	Générale : 30 m Panchromatique : 15 m Infrarouge thermique : 60 m
Technique de prise d'image	Whiskbroom	Whiskbroom	-	Whiskbroom	Pushbroom
Orbite	Altitude : 907-915 km cycle : 18 jours heure : 9h45	Altitude : 705 km cycle : 16 jours heure : 9h30-10h	-	Altitude : 705 km cycle : 16 jours heure : 10h-10h15	Altitude : 705 km cycle : 16 jours heure : 10h

1.1.5. L'importance de l'utilisation de la télédétection en milieu urbain

Les images satellitaires comprennent deux composantes principales : d'une part la composante radiométrique, qui donne la valeur de réflectance de chaque canal, et d'autre part la composante morphologique, qui caractérise la forme des objets (Benchekroun, 1995).

Cette dernière composante est particulièrement intéressante en imagerie urbaine car elle permet de dégager les différentes structures présentes, pour autant que la résolution spatiale soit comparable. En effet, lors d'une analyse urbaine, il peut parfois être plus intéressant d'analyser les structures plutôt que les couleurs (Rimbert, 1992).

Dans les pays en développement, deux facteurs rendent les agglomérations difficiles à observer : il s'agit d'une part de l'insuffisance de l'information géographique de base, et d'autre part des modes d'urbanisation, qui peuvent être divers et suivre un développement anarchique. De plus, les opérations aéroportées coûtent cher, sont difficiles à organiser et ne peuvent donc pas être répétées trop fréquemment. En conséquence, l'utilisation d'instruments traditionnels d'observation et de collecte d'information ne se justifie pas, car ceux-ci ne savent pas suivre correctement l'évolution des phénomènes liés à l'urbanisation (Wilmet, 1996).

Dans ce contexte, l'imagerie satellitaire a donc une direction de recherche toute trouvée. La télédétection intervient à travers plusieurs aspects, et particulièrement pour l'étude des changements et mutations urbaines ainsi que pour l'analyse de l'occupation du sol en milieu urbain (Bencheckroun, 1995). En effet, la télédétection est amenée à jouer un double rôle dans la gestion des espaces urbains : premièrement celui d'un système d'aide à la décision, deuxièmement celui d'un système d'aide à la gestion (Wilmet, 1996).

1.1.6. Limites de la télédétection dans l'étude des milieux urbains

Les objets urbains sont de tailles différentes, et leur organisation diverge selon la position des quartiers (central ou périphérique), de même que la proportion urbaine/végétale. En conséquence, tous ces éléments ne peuvent être identifiés avec la même résolution spatiale.

C'est ainsi qu'à 20 m de résolution ou plus, aucun objet urbain n'est discriminable, les pixels sont tous mixtes (Robin, 1995). Le principal facteur limitant les applications en milieu urbain est donc la résolution spatiale. Cette résolution spatiale effective des capteurs utilisés déterminera directement les possibilités d'interprétation (Bencheckroun, 1995).

Dans les villes des pays en développement, la croissance urbaine se manifeste par des vagues d'auto-construction périphérique, ce qui entraîne une complexité de la réflectance due notamment à l'hétérogénéité des matériaux de toiture, à la surface des maisons par rapport à celle de la parcelle, mais aussi à l'importance de la couverture arborée des parcelles et des rues (Wilmet et Soyer, 1982).

I.2. DEMOGRAPHIE

I.2.1. Cause de l'augmentation rapide de population

Le selon le cours géographie humaine, la réduction des décès a eu pour résultats l'augmentation rapide de la population et de l'espérance de vie à la naissance. En France, la population est passée de 39 millions d'habitants en 1900 à 56.7 millions en 1997 et 60.7 millions de 1991 à 2007 l'espérance de vie est passée de 40 ans en 1840 à 45.4 ans en 1910, 66.4ans en 1950, 71.4ans en 1991. Au Sri Lanka (ancien Ceylan), la durée moyenne de vie est passée de 31 ans entre 1920 à 1922 à 61.4 ans en 2000. Toutes ces données prouvent suffisamment que c'est la forte mortalité qui surtout par l'intermédiaire des trois fléaux précédemment citées, empêchait l'accroissement notable de la population mondiale d'avant le XX^{ème} siècle. Les guerres subsistent, elles sont même devenues plus meurtrières avec la prolifération d'armes nucléaire, mais les famines et les épidémies ont perdu de l'importance cela dès la deuxième moitié du 18^{ème} siècle en Angleterre, puis ce mouvement s'est en Amérique du Nord au XIX^{ème} siècle et dans le reste au début du XX siècle. Cette baisse de mortalité est due à deux séries de causes que nous évoquons ci-dessous :

- Les progrès de la médecine et de l'hygiène : jusque vers 1750, les soins médicaux sur la santé des populations demeuraient pratiquement sans gain. La deuxième moitié du 18^{ème} siècle amorça un changement radical grâce aux progrès dans les connaissances anatomiques, à l'introduction des anesthésiques au commencement du XIX^{ème} siècle, aux débuts de la chirurgie antiseptique et surtout grâce au développement de l'éducation sanitaire, à la découverte des antibiotiques et vaccins spécifiques des graves pandémies (maladie spéciale à une contrée ou y régnant de façon continue) qui permet, en peu de temps, de prévenir ou de guérir des épidémies (variole, malaria, maladie du sommeil, peste, tuberculose, etc. qui causaient de véritable hécatombes.
- Les progrès de la technologie et de l'économie mondiale : ces-ci on été amorcé à l'issue de la révolution industrielle, par l'introduction des systèmes nouveaux dans l'agriculture, par le développement des transports et par le brassage des populations. Les progrès de l'agriculture emploi des engrais chimiques, suppression de la jachère dans certaines régions comme dans le Milanais (Italie, la Toscane et Flandres, mécanisation) ont entraîné l'amélioration de la

production agricole et réduit ainsi les risques de famines. Et 1808 à 1990, la production mondiale de cacao est passée de 24.000 tonnes à 86.800 tonnes. En Europe du Nord-Ouest, le rendement de blé passe de 7 quintaux à l'hectare vers 1800 à plus de 20 quintaux en moyenne actuellement.

Les progrès de transport, maritimes en particulier, réalisés au point de vue de la sécurité, de la rapidité et de prix ont favorisé le contact entre les hommes (Célestin KADIMA KAMUNUKAMBA)³.

1.2.2. Notions de démographie et d'urbanisation

Alors que la population mondiale comptait 5,3 milliards d'habitants en 1950, les projections démographiques estiment que cette population atteindra les 9 milliards en 2050 (United Nations Population Division, 2007). Cet accroissement de la population, bien que mondial, est particulièrement marqué dans les pays en développement, où l'explosion démographique se traduit par une croissance urbaine très forte (Benchekrout, 1995).

De nos jours, l'humanité connaît en effet une spectaculaire transition à la vie urbaine. Si en 1900, à peine 10% de la population mondiale était citadine, ce pourcentage dépasse maintenant les 50% et cette augmentation sera encore plus marquée dans les cinquante ans à venir. En outre, les villes sont de plus en plus nombreuses, de plus en plus peuplées et de plus en plus grandes. La quasi-totalité de ces nouvelles mégapoles (> 10 millions d'habitants, par convention) est située dans les pays en développement (Grimm et al., 2008). Malgré cela, une grande majorité des Africains sont encore des ruraux. La Figure 1 montre l'évolution des populations rurales et urbaines par grandes zones de développement (Nord/Sud) entre 1950 et 2030.

Ce phénomène urbain ne s'est pourtant généralisé en Afrique subsaharienne que depuis les années cinquante. Il est certain que des villes importantes y préexistaient, mais c'est la colonisation qui a vraiment développé l'« urbain », avec la création des administrations coloniales et l'établissement des comptoirs (Gendreau, 1996).

Forman (2010) a défini l'urbanisation comme la combinaison de la densification et de la propagation vers l'extérieur de la population et des zones

³ Cours de géographie humaine

construites. La densification implique que la densité de population et les unités construites augmentent, par exemple, en remplissant les espaces verts ou en passant d'immeubles de faible hauteur à des immeubles de grande hauteur. En addition ou alternativement, la ville grossit par extension extérieure.

L'extension urbaine vers l'extérieur ou propagation peut se présenter sous différentes formes spatiales, suivant que la ville s'étend à partir d'une zone concentrique ou à partir de corridors par exemple. Ainsi, Forman (2010) a pu identifier quatre modèles d'extension : les anneaux concentriques, les villes satellites, les corridors de transport et les sites dispersés.

I.2.3. Annuaire statistique de la population de ville de Kisangani

Tableau 7 : Annuaire statistique de la population de la ville de Kisangani, Source : Institut Nationale de Statistique (INS).

Commune	1990		1995		2000		2005		2009		2012	
	Population		Population		Population		Population		Population		Population	
	Tot.	Densité	Tot.	Densité.	Tot.	Densité.	Tot.	Densité.	Tot.	Densité.	Tot.	Densité.
Lubunga	89.162	116,3	116.528	151,7	150.142	195,5	193.206	251,6	236.864	308,4	274.722	357,7
Makiso	43.657	728,8	57.065	952,7	73.527	1227,5	105.572	1762,5	129.429	2160,8	150.117	2506,1
Mangobo	92.906	5021,9	115.192	6226,6	156.447	8456,6	199.941	10807,6	245.119	15249,7	284.298	15367,5
Tshopo	58.806	106	112.262	138,7	144.644	178,7	196.736	243	241.191	298	279.741	345,6
Kabondo	86.347	3612,8	112851	4721,8	145.404	6083,8	186.252	7793	228.338	9553	264.834	11080,9
Kisangani	39.928	173,4	52.175	226,7	67.226	292	86086	374	105.538	458,5	122.405	531,7

1.2.4. Causes de la croissance des villes africaines

La croissance urbaine des pays en développement est portée par la vague démographique. En effet, le principal facteur de l'explosion urbaine réside aujourd'hui dans le taux d'accroissement naturel des citadins, qui demeure élevé en raison d'une fécondité encore forte et d'une chute de la mortalité. Mais en Afrique ou en Amérique latine, l'urbanisation est d'abord consécutive à la surpopulation des campagnes : on retrouve en effet dans ces pays une population rurale sans cesse croissante, ayant des revenus insuffisants et ne disposant pas de l'environnement social nécessaire (écoles, centres de soins, etc.). Cette population se déplace donc vers les villes en quête de meilleures conditions de vie. Cependant, l'exode rural qui alimente la croissance urbaine ne participe pas forcément au dépeuplement des campagnes à l'heure actuelle. En effet, la croissance rapide de la population totale et le niveau encore modéré de l'urbanisation n'empêchent pas la population rurale de croître.

Malheureusement, cette population rurale ne connaît pas un véritable développement car dans beaucoup de pays africains, la production agricole stagne, voire recule de même que l'écosystème se dégrade.

La productivité agricole n'augmente pas et les conditions de vie en milieu rural ne s'améliorent pas non plus. Ce contexte de « non-développement » du milieu rural conduit inévitablement les villageois à l'exode (Gendreau, 1996).

1.2.4. Problèmes liés à la croissance des villes africaines

Dans les pays en développement, de nombreux problèmes apparaissent en raison de l'ampleur et de la rapidité de la croissance urbaine.

En Afrique subsaharienne, on a souvent l'impression que le phénomène de croissance urbaine est mal contrôlé ou mal géré. En effet, l'augmentation trop rapide du nombre de citadins ne permet pas l'extension des infrastructures essentielles à l'environnement urbain dans le même temps. La ville africaine étant généralement pauvre, avec des moyens d'investissements très limités, elle ne peut offrir à tous les ruraux qui affluent emplois, équipements et logements sociaux. C'est pourquoi, dans la plupart des agglomérations qui ont une croissance rapide, une grande part de la population vit sur des sites d'habitation non adaptés. Les centres urbains anciens, qu'ils soient ou non d'origine coloniale, se dégradent progressivement tant dans leurs

conditions d'habitat que dans leurs infrastructures. Quant à la croissance de la zone périphérique urbaine, elle est souvent désordonnée et s'effectue sous forme de quartiers d'auto construction, qui sont des habitations définitives ou provisoires. Ce squatting ou « habitat spontané » se fait sans prise en considération des conditions du site et progresse à un tel rythme qu'il est pratiquement impossible aux administrations publiques de le gérer et de tenter d'endiguer le phénomène. Ces zones d'auto construction étant dépourvues d'infrastructures les plus élémentaires, elles entraînent également des problèmes d'assainissement et d'équipements (hôpitaux, écoles, etc.) assez considérables (Wilmet, 1996).

Tous les problèmes liés à la gestion de l'environnement et des ressources naturelles constituent des défis majeurs qui se posent à l'homme aujourd'hui. Or, les exigences matérielles de production et de consommation humaine conjuguées à la croissance de la population modifient, à l'échelle aussi bien locale que régionale, l'utilisation des terres, l'occupation du sol et la biodiversité. De multiples conséquences surviennent suite à ces transformations de la nature et de la structure des paysages. En effet, la transformation de l'occupation/utilisation des terres est considérée aujourd'hui comme une des causes de la dégradation de l'environnement et de la perte de biodiversité, au même titre que les changements climatiques (Burel et Baudry, 1999, Grimm et al., 2008).

De même, un des principaux éléments de transformation du site par la croissance urbaine est la modification de la couverture végétale périphérique notamment due aux besoins en bois de feu des populations, entraînant une dégradation des écosystèmes forestiers. L'extension de la déforestation est souvent spectaculaire : l'auréole déforestée peut s'étendre sur un rayon de plusieurs dizaines de kilomètres à partir du centre-ville. Les surfaces recouvertes par les forêts tropicales ont ainsi fortement diminué sous diverses pressions anthropiques au cours des décennies écoulées (FAO, 2010).

CHAPITRE DEUXIEME. MATERIELS, MILIEU ET METHODES

II.1. MATERIELS

Pour la réalisation de présent travail, nous avons eu a utilisé les matériels ci-après :

- Les images de Landsat8 pour 2015, Landsat5 pour 1985, 1990 et landsat7 pour 2001.

Image Landsat5 de ville de KISANGANI 1985

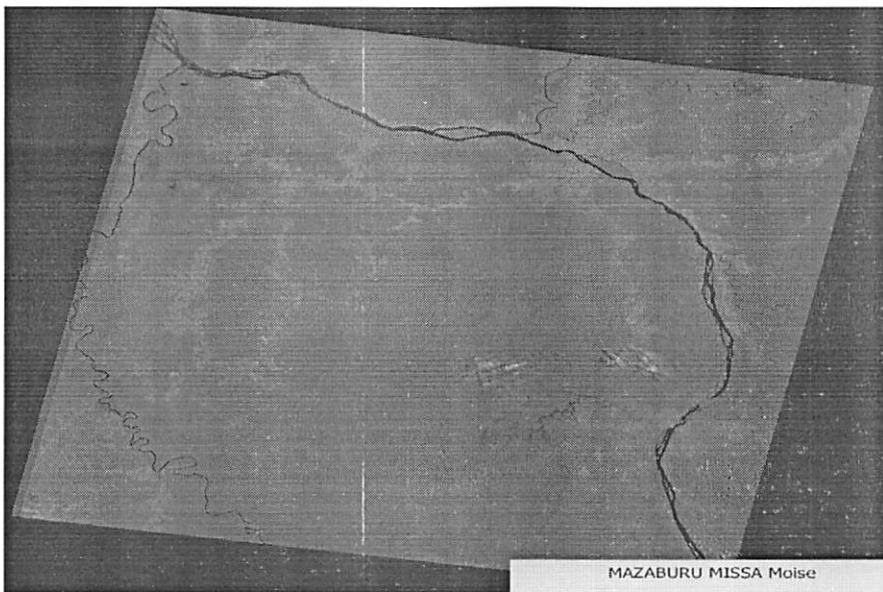


Figure 4: Image landsat de ville de Kisangani 1985

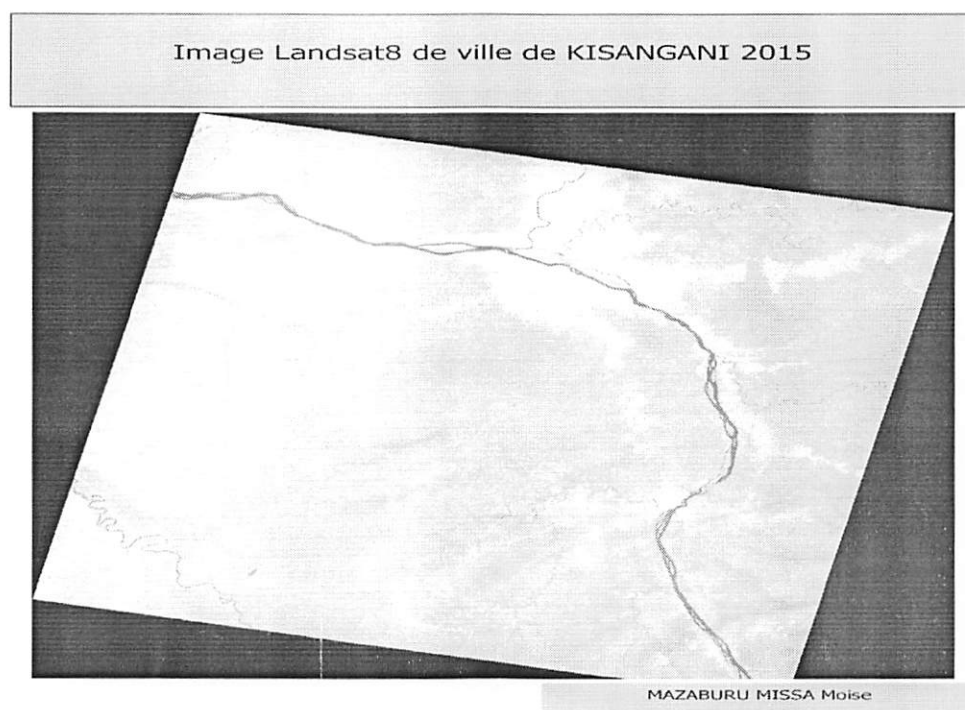


Figure 5: Image landsat de ville de Kisangani 2015

Signalons que c'est grâce à ces images que nous avons pu faire la composite colorée (en utilisant les bandes 3,4,5 pour l'image de 1985 et les bandes 4,5,6 pour l'image 2015) la classification ainsi que d'autres opérations.

- **Gps :** Nous a aidé à suivre certains points sur terrain lors de classification.
- **Logiciels**

Quant aux logiciels utilisés dans les différentes étapes de traitement et d'analyse des données satellitaires sont circonscrits dans le tableau ci-dessous:

Tableau 8 : des différents logiciels utilisés pour le travail

Logiciels	Applications
ArcGIS 10.0	analyse SIG et la mise en page de la carte
Qgis	Détermination de zone d'étude.
ENVI 4.4	composition colorée, filtre, marquage et classification supervisée,
Microsoft Office Word, Power	saisie texte, traitements des

Point, Excel 2007, publisher	données
------------------------------	---------

II.2. MILIEU

II.2.0. Ville de Kisangani

II.2.1. Situation géographique et organisation administrative

Chef lieu de la province Orientale depuis 1913, la ville de Kisangani est située à l'arc Nord-est du fleuve du Congo, à environ 1700 km de la ville de Kinshasa, au niveau des célèbres rapides de Wagenia. En coordonnées géographiques, elle correspond à 00°31' Latitude Nord et 25°11' longitude Est. Kisangani a une superficie de 1.910 km² (Kahindo,2011) et occupe dans l'armature urbaine Congolaise la troisième place comme pôle économique de la RDC, après Kinshasa et Lubumbashi (province du Katanga). Cette Métropole joue vraiment un rôle déterminant au Nord-est de la RDC. Sur le plan administratif, la ville est subdivisée en 6 communes (Makiso, Tshopo, Mangobo, Kabondo, Kisangani et Lubunga), plus le secteur de Lubuya-bera (Mairie de Kisangani, 2011).

Les limites géographiques de communes sont approximatives. Administrativement, il y a des ruptures volontaires posées par la maire, au nom de l'ordre, de la sécurité, de centralisation et surtout des raisons économiques. La limite du secteur de Lubuya-bera n'est pas non plus clairement définie (Mairie de Kisangani, 2009).

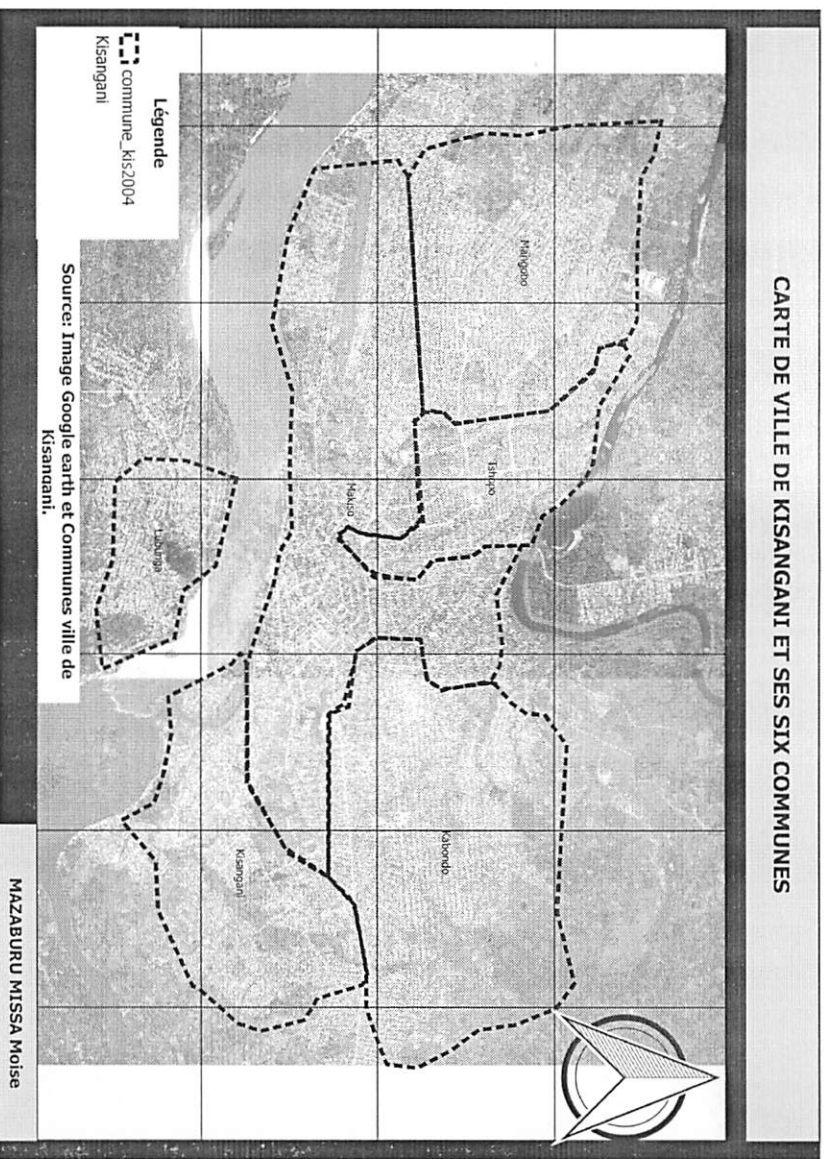


Figure 6 : Carte de la ville de Kisangani et ses six communes

II.2.2. Démographie

La ville de Kisangani compte environ 1.376.117 habitants (INS/PO, 2012), repartis en plus de 250 ethnies (Kahindo, 2010). Elle présente la densité la plus élevée du district de la Tshopo1 avec 651 habitants par km² (INS/PO, 2010). (D'après les données de la direction provinciale de l'INS/PO, 2010).

Elle montre la structure typique d'une population jeune : 66,2% de la population ont moins de 25 ans. La population active (entre 18 et 60 ans) représente 38,9% de la population. Rappelons qu'une forte augmentation démographique a été observée ces vingt dernières années dans toute la ville. D'ici 2050, l'un des défis majeurs du pays sera démographique et se traduira par un accroissement démographique de plus de 100 pourcent, ce qui correspond à plus qu'un doublement de sa population actuelle (PRB, 2008).

La ville de Kisangani se trouve dans le district de Tshopo : Entité administrative comprenant 6 territoires (Kisangani, Opala, Banalia, Bafwasende, Ubundu et Isangi) Cette évolution démographique s'explique par la conjonction d'un fort accroissement naturel (excédent de naissance sur le décès) et d'une puissante immigration. Les Immigrations se font suivant les quatre axes routiers convergeant vers la ville (voir figure 6), Que ce soit en provenance directe des campagnes ou par l'intermédiaire des petites villes. La Répartition géographique de différentes ethnies se présente de la manière suivante (Kahindo, 2010) :

- Au nord : mouvement des Bamanga, les Popoï et les Boa qui vivent majoritairement Dans le secteur Lubuya- Bera (rive droite de la rivière Tshopo) et arrivent en ville Suivant la route Buta ;
- Au sud : mouvement des Lokele, Turumbu, Mbole, Kumu, Wagenia, Rega (ethnies Arabisées), populations venues du Maniema par la route d'Ubundu et par voie Ferroviaire ainsi que par la route Opala et le fleuve, en direction du territoire voisin D'Isangi ;
- A l'ouest : les Topoke, Lokele, Turumbu, les Basoko se déplacent par le fleuve Congo et la rivière Tshopo pour atteindre l'ouest de la ville (commune de Mangobo);
- A l'est : on trouve les Bali, Lendu, Budu, Bangetu, Logo, Alur, Hema, Nande venus par la route de l'Ituri débouchant sur Bunia, Béni et Butembo.

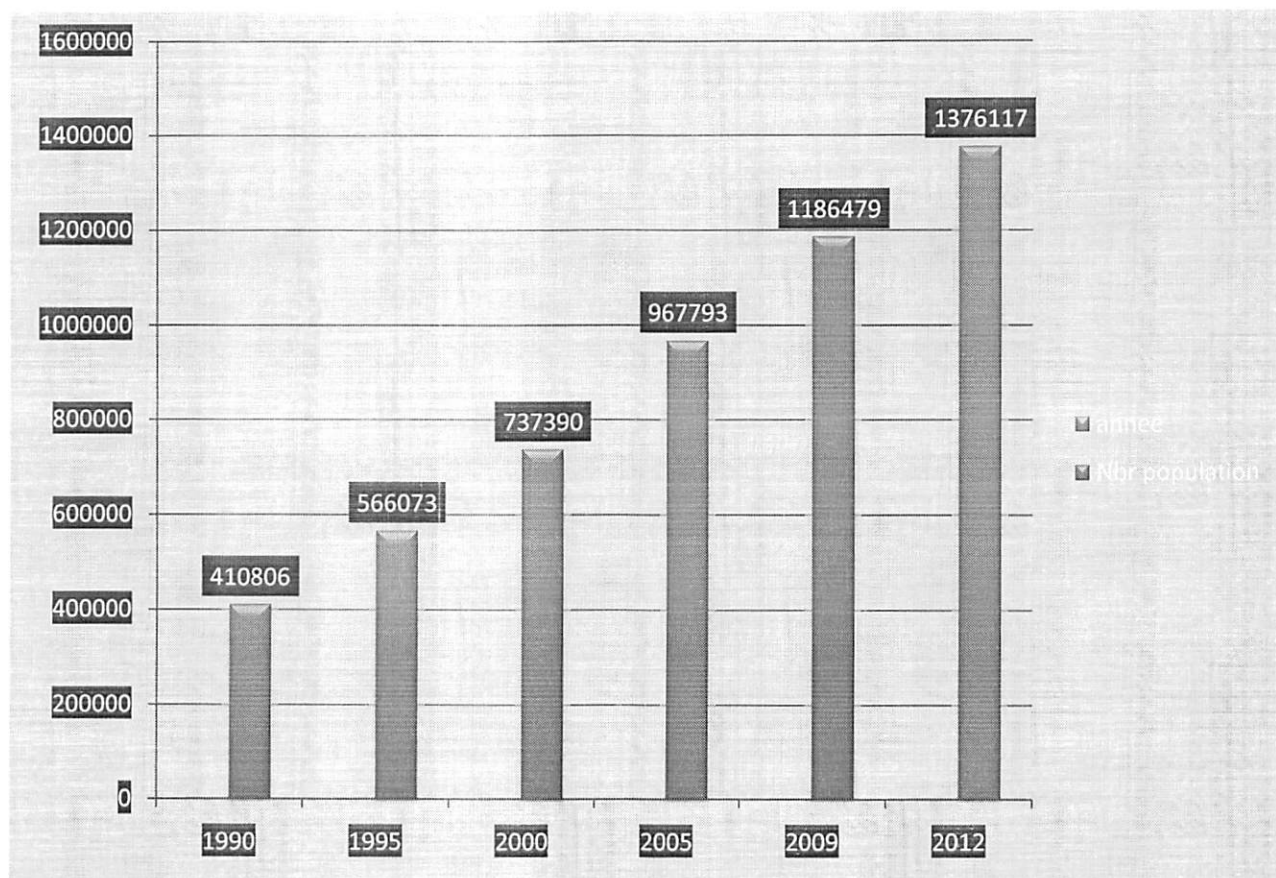


Figure 7 : Le graphique ci-dessous montre d'accroissement de la population de ville de Kisangani de 1990 à 2012 (INS)/Po.

II.2.3. Conditions climatique

Le climat de Kisangani appartient au groupe AF de la classification de Köppen, c'est un climat chaud et humide de type équatorial, la température moyenne diurne est de 24 à 25°C. Les précipitations annuelles supérieures à 1800mm, l'insolation de 1972 heures/an et d'humidité relative est 80 à 90% (BOREK, 1990 in ILUNGA). La hauteur moyenne des pluies du mois les plus secs est supérieure à 60mm et l'amplitude thermique inférieure à 5°C. Les pluies y sont généralement abondantes bien que l'on observe une baisse de décembre à février et de juin à Aout faisant apparaître 2 petites saisons relativement sèches (MIKWA, 2012).

Concernant notre étude nous avons utilisés les données pluviométriques de 1956 à 2005 dont les données sont reprises en annexe.

II.2.3. Conditions édaphiques

Le sol de Kisangani appartient à l'ordre des oxysols. Ils sont fortement altérés, pauvres en humus, caractérisés par une richesse en sesquioxydes de fer et d'aluminium (MIKWA, 2012). L'argile minéralogique est dominé par la kaolinite (Mambani, 2006); leurs réserves en éléments nutritifs minéraux sont faibles et la texture est sablo-argileuse, la capacité d'échange cationique est faible et ne dépasse pas 10 méq par 100g.

II.2.4. Végétation

La végétation de Kisangani se place selon Mate (2001) dans le secteur forestier central de la région guinéenne. Ce secteur est caractérisé par des forêts denses, humides et groupements végétaux de dégradation diverse suite à l'action anthropique. Cette végétation est essentiellement constituée des forêts secondaires jeunes, des recrûs forestiers, de forêts primitives et marécageuses.

II.2.5. Hydrographie

La province orientale est presque entièrement située dans le bassin du fleuve Congo, à part une certaine partie des territoires d'Aru, Mahagi, Djugu et Irumu à l'Est qui font partie du bassin du Nil. Outre le fleuve Congo, on trouve aussi de grandes rivières telles que : Tshopo, Lindi, Aruwimi, Itimbiri, Lomami, Uélé, Ituri, Mbomu, Bomokandi, Bima, Népoko, Pungu, Bili, Rubi.

Avec son hydrographie, la Province Orientale dispose d'énormes potentialités hydro-électriques. En plus des centrales hydro-électriques, actuellement opérationnelles (Tshopo, Budana, Solenyama 1et 2) et thermiques, plusieurs sites ont été identifiés pour l'installation de nouvelles centrales hydro-électriques. On peut citer : la rivière Nepoko (puissance 10MW), la rivière Lobito (puissance 0,8 MW), la rivière Tshopo, et le fleuve Congo (Wanie-Rukula et Wagenia) pour le renforcement de la centrale hydroélectrique de Kisangani.

Pour le cadre de notre travail nous nous sommes basés plus sur les communes de Kabondo et de Kisangani dans la ville de Kisangani en voyant leurs taux d'humidité élevé à la présence de beaucoup d'étangs d'eaux.

II.2.6. Flore et faune

A l'origine, la végétation de Kisangani était la forêt ombrophile, profondément modifiée depuis par l'action anthropique. Cette forêt a laissé la place à une végétation essentiellement herbacée où subsistent quelques arbres à vocation religieuse ou culturelle. A la périphérie de la ville, on peut retrouver des formations forestières secondaires, et plus rarement quelques lambeaux de forêt primaire (Bola, 2002).

La diversité faunique de Kisangani est étroitement liée à l'évolution des facteurs abiotiques et biotiques de la région. C'est pourquoi à l'heure actuelle, les espèces des forêts (singes, antilopes, etc.). s'éloignent de plus en plus de la ville suite aux perturbations dues à l'action anthropique. Cependant, il existe toujours une activité intense de l'avifaune et des rongeurs de savane (Lubini, 1982).

II.2.7. Cultures vivrières

De toutes les cultures pratiquées, le manioc, la banane, le riz et le palmier à huile sont celles qui ont une importance économique réelle pour les paysans. Par ailleurs, suite à la carence et au coût élevé actuel des produits d'origine animale, le soja et le haricot sont progressivement introduits dans le système de production des paysans. Le manioc reste cependant la culture la plus importante avec plus de la moitié de l'aire cultivée : sa prédominance est observée toute l'année dans les champs, ce qui dénote le fait d'une agriculture de subsistance.

La rotation, ou succession des cultures sur un même sol, n'est plus tellement d'application.

Les paysans mettent en place leurs cultures sur le terrain en une fois ou avec un léger décalage dans le temps. Après la rotation vient une période de jachère dont la durée est fonction de l'abondance de terres. Dans les collectivités où celles-ci se raréfient, le paysan revient sur la sole après 3 à 4 ans de repos. Ailleurs, la durée est plus longue (plus ou moins 10 ans).

Toutefois, dans certaines collectivités où la densité démographique est forte, les agriculteurs reviennent généralement sur le terrain cultivé après 2 ou 3 ans de repos (Ministères de l'agriculture et de l'élevage ; du plan ; de l'éducation nationale et de l'environnement ; conservation de la nature / forêts et pêche, 1998).

II.2.8. Elevage

Les espèces animales les plus prisées à Kisangani sont les caprins, les porcins et la volaille.

Les ovins sont rares et l'élevage des bovins se pratique essentiellement dans des missions confessionnelles pour subvenir aux besoins du personnel (Ministères de l'agriculture et de l'élevage ; du plan ; de l'éducation nationale et de l'environnement ; conservation de la nature /forêts et pêche, 1998).

II.2.10. Potentialités de développement

L'action conjuguée de la pression démographique, de la déforestation, de l'absence ou de la saturation des infrastructures techniques de base font de Kisangani un écosystème en déséquilibre sérieux.

La population pauvre est soumise à de nombreux défis quotidiens, comme par exemple :

- L'insalubrité du milieu urbain par suite de la mauvaise gestion des déchets solides et liquides ;
- L'occupation spontanée des plaines inondables sans assainissement préalable du site ;
- La déforestation par suite de l'extension urbaine et pour des besoins énergétiques ;
- La pollution de l'air par la circulation ;
- La pollution des cours d'eau par suite des divers rejets incontrôlés et sans traitement préalable.

Le faible potentiel industriel, le manque d'industries de base et surtout l'isolement et l'enclavement de Kisangani réduisent considérablement ses potentialités de développement.

Seul le secteur agricole traditionnel est bien représenté et constitue la principale activité économique de la ville. De plus, le développement urbain est limité par un certain nombre de contraintes comme la présence des marais et autres zones inondables, mais aussi les sites stratégiques (zones militaires) ainsi que les domaines et villages (Cabinet du Maire de la Ville de Kisangani, 2008).

II.2. METHODOLOGIE

La méthodologie utilisée peut se résumer en 3 grandes étapes, à savoir :

- L'acquisition des images,
- Le traitement des images et
- L'analyse de changements de couverture ainsi que l'extension de la ville de Kisangani.

Dans le cadre de ce présent travail, les images qui couvrent la période allant de 1985 à nos jours seront utilisées afin de voir et constater comment la ville de Kisangani est entrée de s'étendre tout en perdant les forêts environnantes, et pour cela les images utilisées dans ce travail sont les LandSat5, LandSat7 et LandSat8 leur disponibilité sur le site et surtout leur accessibilité gratuite.

II.2.0. Acquisition des images

Comme nous l'avons souligné dans le point (I.1.1) nous allons recourir aux images disponibles sur internet par téléchargement, pour ce il existe toute une procédure pour y parvenir :

- **Création d'un compte d'utilisateur** pour accéder aux images disponibles car les images Landsats peuvent être téléchargées à partir du site Web USGS que quand on a un compte.
- **Déterminer la zone de recherche** La recherche d'images peut s'effectuer en utilisant les différentes méthodes. Il est possible de pointer directement l'emplacement sur la carte, de spécifier des coordonnées, d'inscrire une adresse postale ou d'inscrire le numéro de passage du satellite. Quel que soit la méthode utilisée, il est important que la recherche soit effectuée pour continuer les étapes de téléchargement.

Pour le cas de notre travail, nous avons utilisé la méthode d'inscrire le numéro de passage du satellite qui consiste à trouver la zone de recherché à partir du numéro de passage du satellite. Ici les images sont divisées par scène dont chacune porte un numéro de passage « Path/Row ». Si cette méthode est utilisée, il est nécessaire de télécharger la couche contenant l'index des numéros de passages disponible sous un lien.

- **Téléchargement proprement dit des images commence** lorsque la localisation est bien déterminée, la commande « Data Sets » dans l'onglet « Path/Row » doit être activée pour obtenir la liste de toutes les images disponibles. Il est possible d'affiner la recherche en spécifiant une plage de dates. Dans la section « Landsat Archive » ouvrir l'option « L8 OLI/TIRS » et activer la commande « Results » cet onglet contient toutes les images de la recherche. Dans la présentation des images disponibles pour le téléchargement, la première image de la liste correspond à la plus récente. A cet effet pour télécharger une image, veiller en sorte que la fonction « Download/options » soit toujours activée. La dernière étape consiste à aller dans les options de téléchargement, choisir « Level 1 Geo Tiff Data Product » et cliquer sur la commande « Download », et enregistrer l'image en spécifiant un dossier de son emplacement.

De ce qui concerne la ville de Kisangani elle est située entre la scène 176/60 et 176/59, mais vu que notre étude est basée sur la dynamique de ville de Kisangani et surtout son extension spatiale, nous allons plus utiliser la scène 176/60 car elle est la partie la plus touchée et la plus concernée par le phénomène de démographique qui a comme conséquence l'extension de la ville.

L'image ci-dessous montre la ville de Kisangani dans deux différentes scènes :

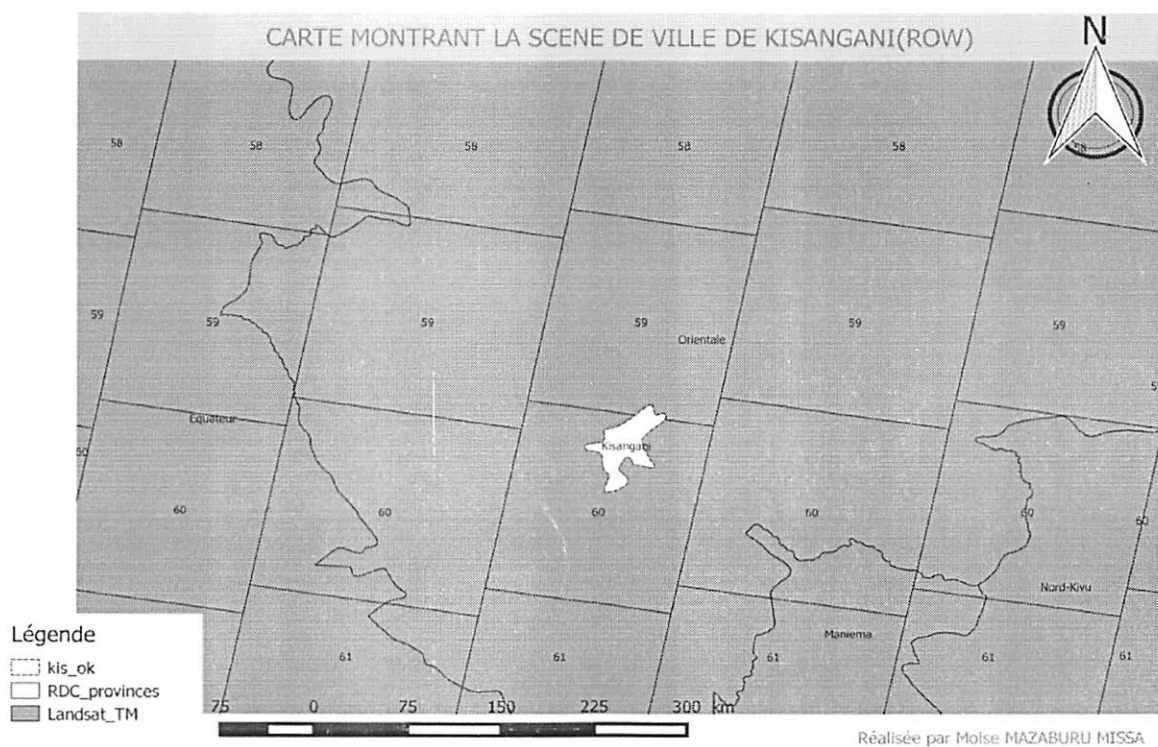
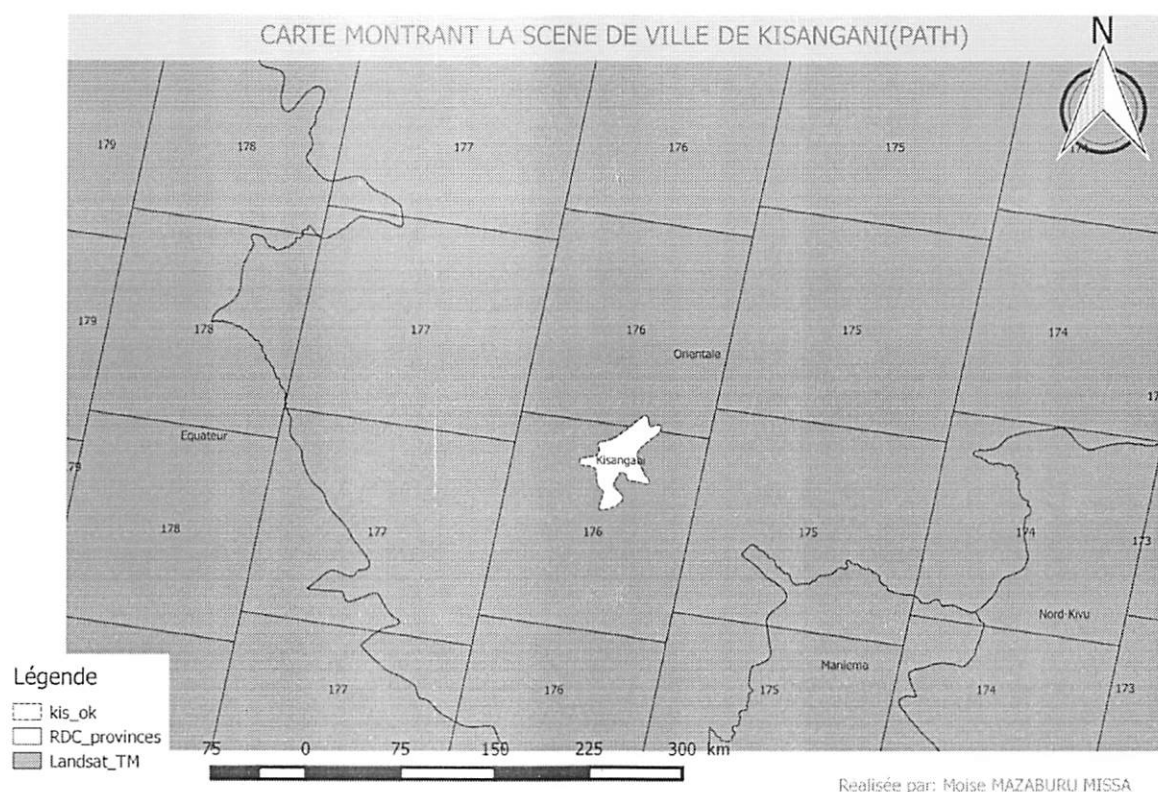


figure 9 : Image montrant le Row 60 et 59

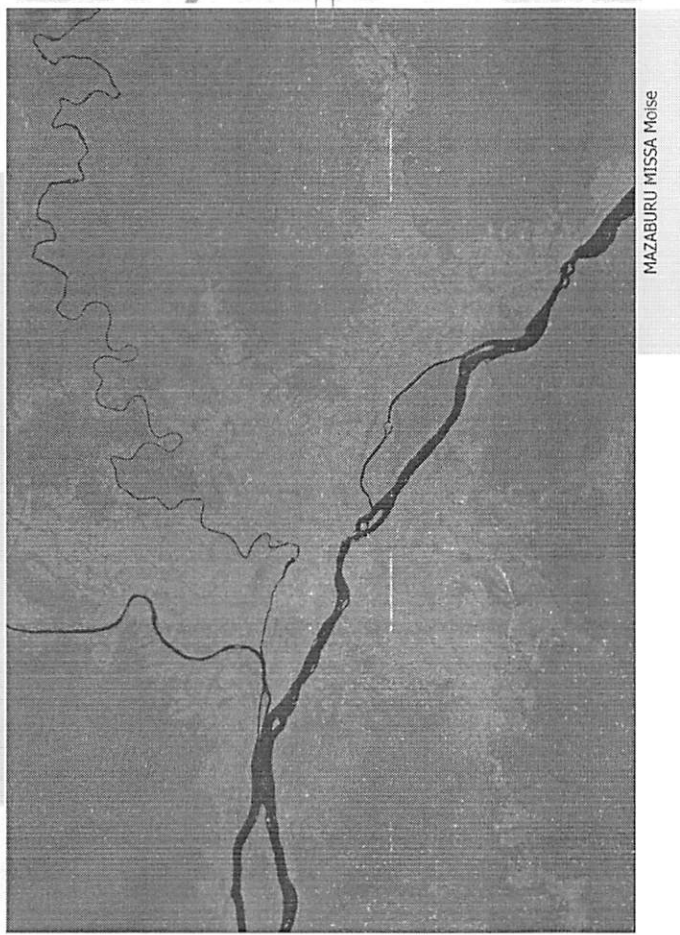
II.2.1. Traitement des images

La réalisation de ce travail fera recours au logiciel pour visualiser des images(ENVI4.4), sera utilisée pour effectuer l'analyse de l'image et la classification. Cette analyse sera faite pour fournir également des informations sur les tendances de la couverture terrestre et pour la génération de scénarios de changements de la couverture terrestre.

II.2.1.2. Composite colorée

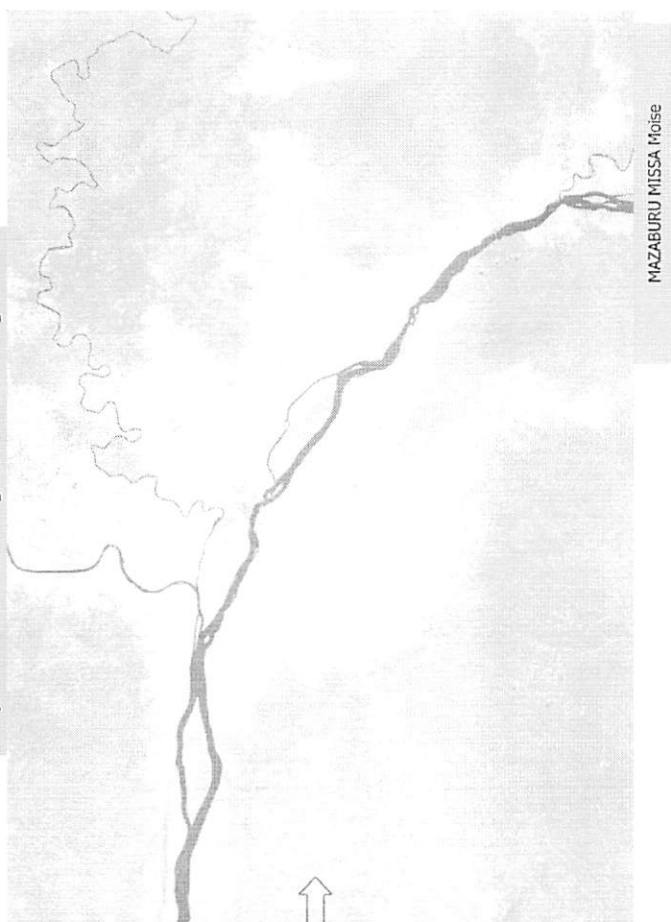
Cette opération consiste à combiner la bande panchromatique pour obtenir un composite de couleur. Notez que la "pile" est constituée des bandes 3, 4 et 5 pour l'image de 1985, 1990, 2001 et les bandes 4, 5 et 6 ont été utilisées pour l'image de 2015, ce qui permet une bonne lecture de la végétation ainsi que les différents types d'occupation du sol ou le phénomène d'urbanisation. Nous avons utilisé l'algorithme "LayerStacking", de menu « Basic tools » l'outil sur le logiciel ENVI4.4.

composite colorée de l'image de ville de Kisangani 1985



MAZABURU MISSA Moïse

composite colorée de l'image de ville de Kisangani 2015



MAZABURU MISSA Moïse

Figure 10 : Composite colorée de l'image de ville de Kis 198 Figure 11 : Composite colorée de l'image de ville de Kis 2015

II.2.1.3. Classification

Classer des données satellitaires, c'est grouper les unités primaires qui les composent (pixels) en un nombre donné thématiquement connu ou spectralement homogène. Les procédures de classifications permettent la confection des cartes thématiques (Defourny, 2010 in Tshatshambe 2012).

Le but de la classification de la couverture terrestre numérique est de lier aux caractéristiques spectrales de l'image pour une valeur de classe de l'information utile, qui peut être affiché comme une carte de sorte que les gestionnaires de ressources ou les scientifiques peuvent évaluer le paysage d'une manière précise et rentable (Weber et al, 2001 in Mikwa). L'objectif global de procédures de classification d'image est à classer automatiquement tous les pixels d'une image dans des classes ou des thèmes de la couverture terrestre.

Quand à la classification proprement dite, pour ce travail comme nous l'avons signalé dans le point (I.1.2.2) nous avons recouru à la classification non supervisée en faisant recours à l'algorithme « **Minimum Distance** » de menu « **classification** » et nous avons reparti les différentes occupations du sol de ville de Kisangani à 5 classes d'occupation quelque soit pour l'image de 1985, 1990, 2001, 2010 ainsi que sur celle de 2015. (**Espace urbanisé**), (**Espace vers l'urbanisation**), (**L'eau**), (**Forêt secondaire**), (**Forêt primaire**).

II.2.1.3. Taux de déforestation

Le taux annuel de déforestation est le pourcentage que perd la forêt chaque année dans un territoire forestier bien défini. Ce taux a été calculé comme suit : L'analyse de la dynamique de l'occupation des terres a été faite à partir du calcul du taux de déforestation annuel (Caloz, 2001 ; Oloukoi 2006 ; Barima,2009) et a été utilisée. La variable considérée ici est la superficie (A).

Où A1= superficie initiale ; A2= superficie finale ; n= temps entre A1 et A2

$$Td\% = \frac{A_1 - A_2}{A_1 \times n} \times 100$$

Tableau 9 : Les qualifications de niveau de déforestation.

Qualification de déforestation

<i>Déforestation (%/an)</i>	<i>Qualification</i>
<i>< 0,5</i>	<i>Basse</i>
<i>0,5 – 1,5</i>	<i>moyenne</i>
<i>1,5 – 3,0</i>	<i>Haute</i>
<i>> 3,0</i>	<i>Plus haute</i>

Source : MUKANDAMA 2014

CHAPITRE.TROISIEME: RESULTATS ET DISCUSSION

III.1.RESULTATS

III.1.1. Résultat de la classification

La réalisation de la présente étude a exigée la cartographie des images des années (1985, 1990, 2001 et enfin 2015) pour l'analyse de l'évolution spatio-temporelle de l'occupation du sol de la ville de Kisangani dans une période de 30ans. Pour faciliter l'analyse de l'évolution globale de l'occupation, cinq classes importantes ont été créées à savoir :

- **Espace urbanisé** : par « espace urbanisé » on s'attend à tout milieu habité c'est-à-dire espace bâtis construit en forme urbaine ou rural, toutes les routes en terre bâtis ou asphaltées, terrain de football ainsi que tous sols nus.
- **Espace vers l'urbanisation** : par « espace vers l'urbanisation » englobe les marécages ainsi que les jachères.
- **Eaux** : c'est l'ensemble d'eaux qui se trouvent dans notre milieu d'étude.
- **Forêt secondaire** : sont des forêts qui sont perturbées.
- **Forêt primaire** : c'est la classe de forêt qui n'a pas subie les actions humaines.

Les figures ci-dessous nous présentent les différentes cartes issues de traitement des images satellitaires des années 1985, 1990, 2001 et 2015 sur le logiciel de la télédétection Envi4.4, présentant les différentes classes d'occupation du sol. Le (**rouge**) nous montre la classe (**Espace urbanisé**) qui est constitué des espaces bâtis en forme urbaine ou rural, toutes les routes en terre bâtis ou asphaltées, terrain de football ainsi que tous sols nus. Le (**jaune**) nous montre la classe (**Espace vers l'urbanisation**), qui nous montre l'ensemble englobant les marécages, les champs ainsi que les jachères. Le (**bleu**) nous montre les eaux. Le (**vert**) nous montre la forêt secondaire, et le (**vert foncé**) la forêt primaire.

Nous pouvons constater que le comportement spectral ou la représentation de chaque classe varie selon les années, chose qui explique aussi leurs dynamismes.

III.1.2. Les résultats de la classification des différentes années

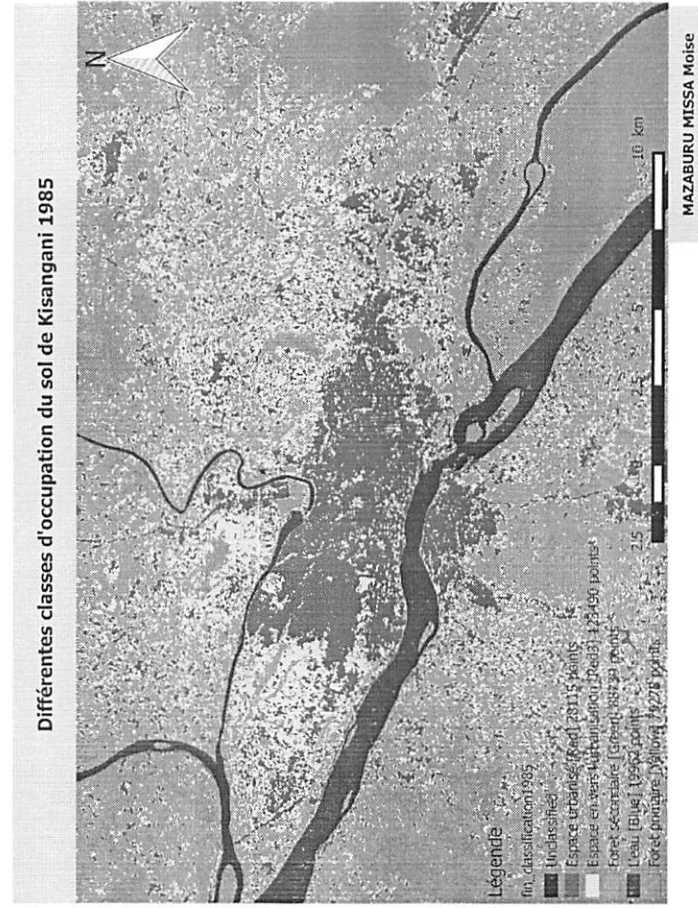


Figure 12 : Différentes classes d'occupation du sol de Kis 1985

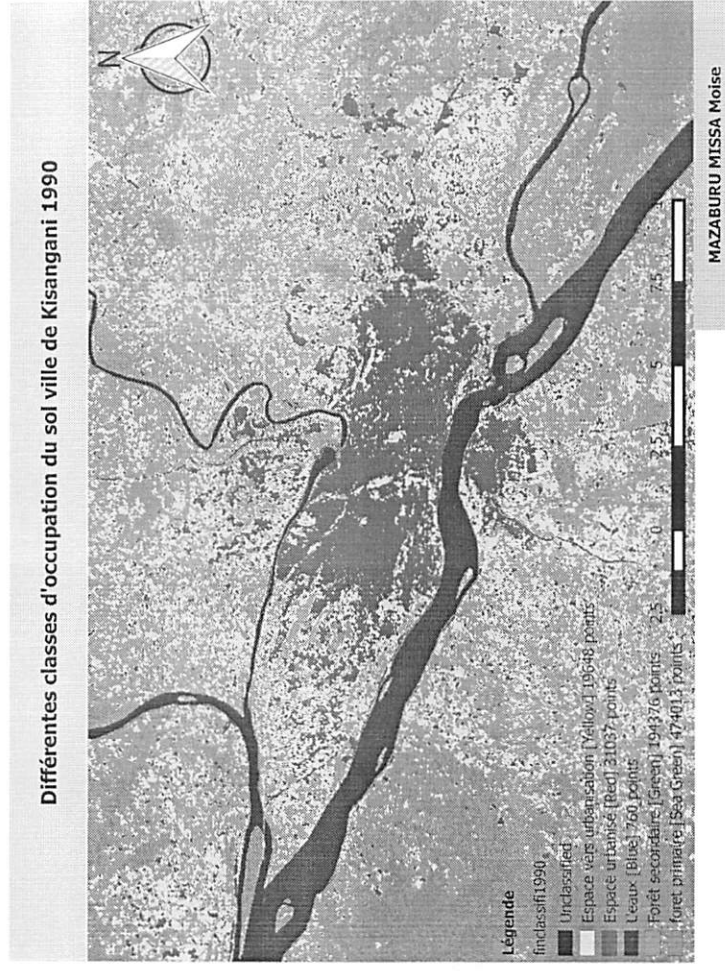


Figure 13 : Différentes classes d'occupation du sol de Kis 1990

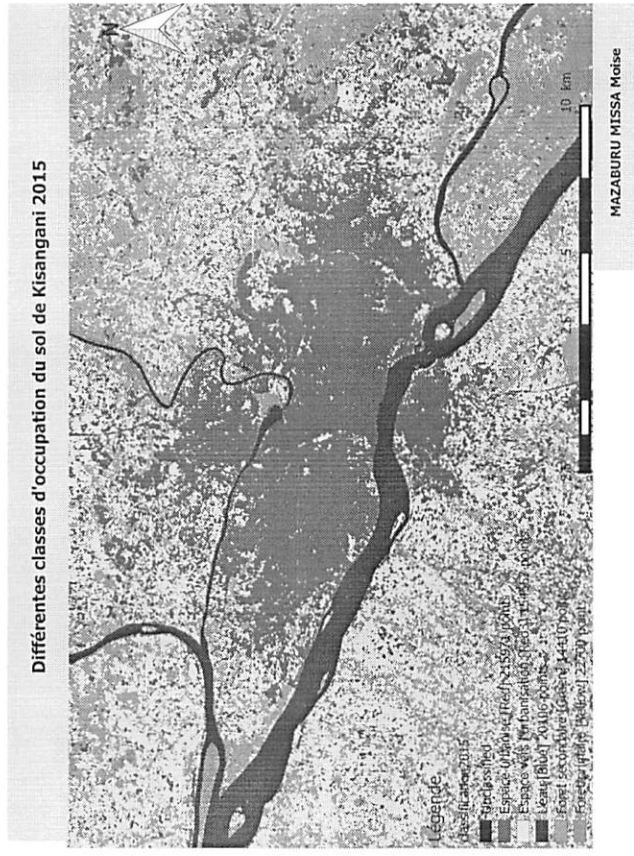
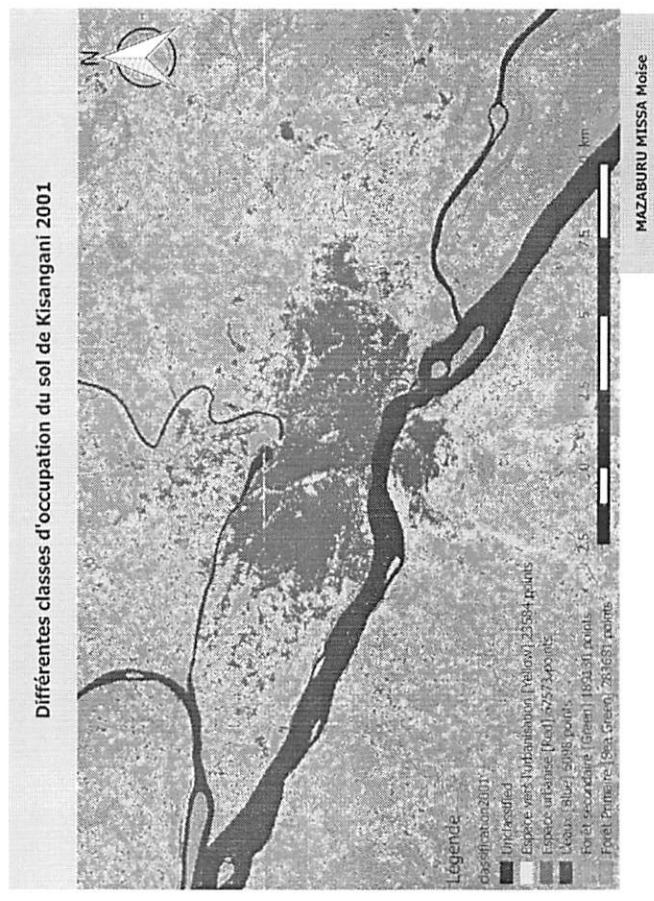


Figure 14 : Différentes classes d'occupation du sol de Kisen 2001

Figure 15 : Différentes classes d'occupation du sol de Kis en 2015

III.1.3. La dynamisme des différentes classes d'occupation du sol de 1985 à 2015

Les figures ci-dessous nous montrent l'évolution de chaque classe d'occupation du sol au cours du temps, l'observation faite sur 4 différentes années.

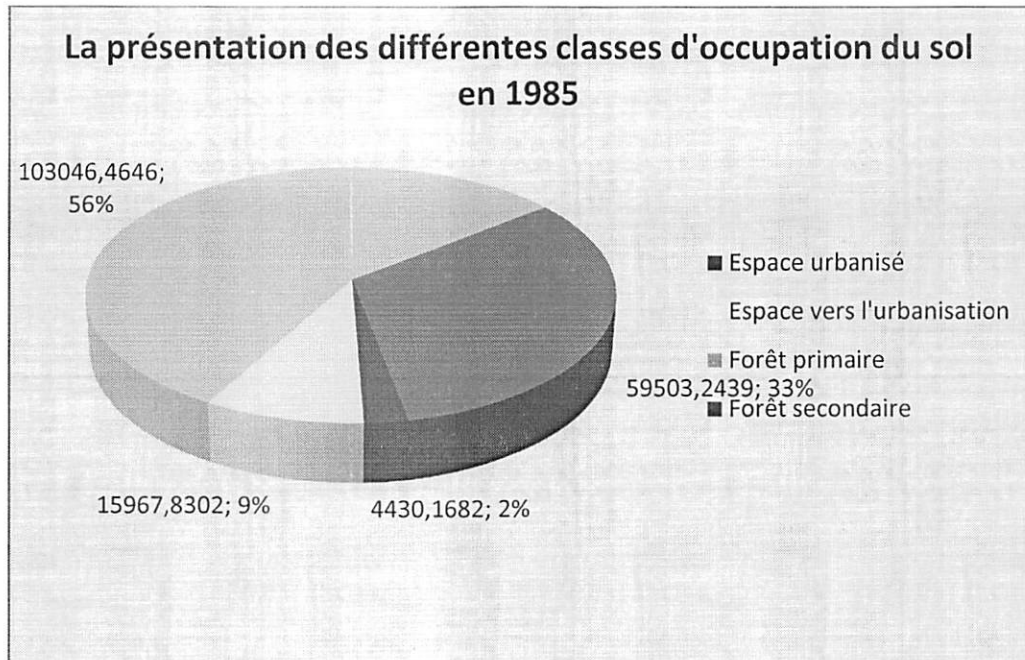


Figure 16 : La présentation des différentes classes d'occupation du sol en 1985

A l'issue de la figure16 de la présentation des différentes classes d'occupation du sol de l'année 1985, il y a lieu de remarquer que à cette année la classe **forêt primaire** occupait une superficie trop importante qui représentait en hectares une portion de 103046,4646 et 56 en terme de pourcentage sur la totalité de l'occupation, en deuxième lieu vient la **classe forêt secondaire** avec une portion en hectares de 59503,2439 et 33 en terme de pourcentage, quant à la **classe espace vers l'urbanisation** elle vient en troisième position avec une portion en hectares de 15967,8302 et 9 en terme de pourcentage sur la totalité de l'occupation et enfin vienne la **classe espace urbanisé** qui quant à elle représente une portion en hectares de 4430,1682 et 2% de totalité de l'occupation.

Par rapport au résultat de l'occupation du sol obtenu de l'année 1985, tout en essayant d'établir une relation entre le phénomène de l'urbanisation et celui de la démographie notions qui marchent presque ensemble, en 1985 la population de la ville de Kisangani était inférieure à 437805 habitants, ce qui justifie la moindre occupation du sol en terme de l'espace urbanisé à cette année avec une la large dominance de forêt primaire.

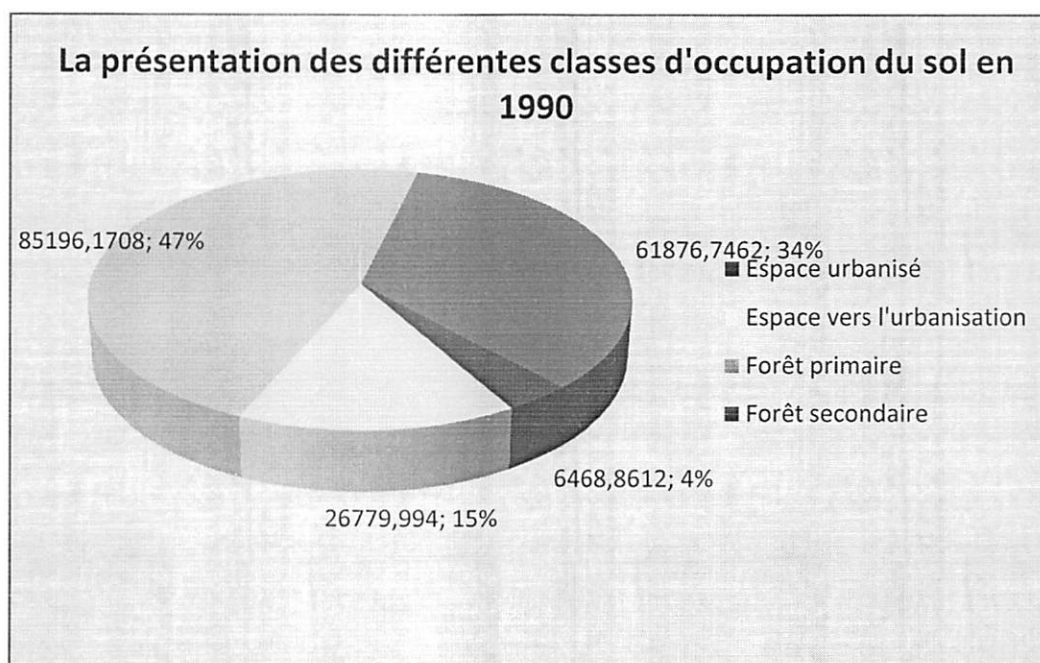


Figure 17 : La présentation des différentes classes d'occupation du sol en 1990

Quant à la figure 17 de la présentation des différentes classes d'occupation du sol de l'année 1990 nous avons remarqué ce qui suit : bien que la **classe forêt primaire** maintienne toujours le sommet de classement par rapport à d'autres classes d'occupation du sol, mais il y a lieu d'indiquer que cette classe a subi une régression en superficie qui est passée d'une portion en hectares de 103046,4646 soit 56 en terme de pourcentage sur la totalité de l'occupation à une portion en hectares de 85196,1708 soit 47 en terme de pourcentage sur la totalité de l'occupation, soit une perte de 17850,4646 hectares soit 9% de la superficie totale des classes dans une période de 5 ans. Tandis que les trois autres classes se sont distinguées de la **classe forêt primaire** par une augmentation tant en superficie qu'en pourcentage, il y a lieu de signaler que bien que ces classes ont subies une légère augmentation ils viennent toujours après la forêt primaire dans le classement.

Ils se présentent de la manière suivante : quant à la **classe forêt secondaire** qui représentait en 1985 une portion en hectares de 59503,2439 soit 33 en terme de pourcentage, est passée de 61876,7462 ha soit 34% en 1990 soit une augmentation de 2373,5023 ha soit 1% de la superficie totale des classes dans une période de 5 ans. La **classe espace vers l'urbanisation** s'est remarquée aussi par une augmentation, elle représentait une portion en hectares de 15967,8302 soit 9 en terme de pourcentage en 1985 qui est

passée de 26779,994ha soit 15% en 1990 ce qui traduit une augmentation de 10812,1638ha soit 6% de la superficie totale des classes dans une période de 5ans. Enfin une petite augmentation est observée dans la classe **espace urbanisé** elle représentait une portion en hectares de 4430,1682 soit 2% en terme de pourcentage qui est passée de 6468,8612ha soit 4% soit une augmentation de 2038,693ha soit 2% de la superficie totale des classes dans une période de 5ans.

Comparablement à l'évolution démographique cette augmentation des classes et surtout celle de l'espace urbanisé est justifiable car l'annuaire statistique de la population de la ville de Kisangani nous montre que, dans cette période de cinq ans le nombre de population est passé de inférieure à 437805 habitants à 437805 habitants.

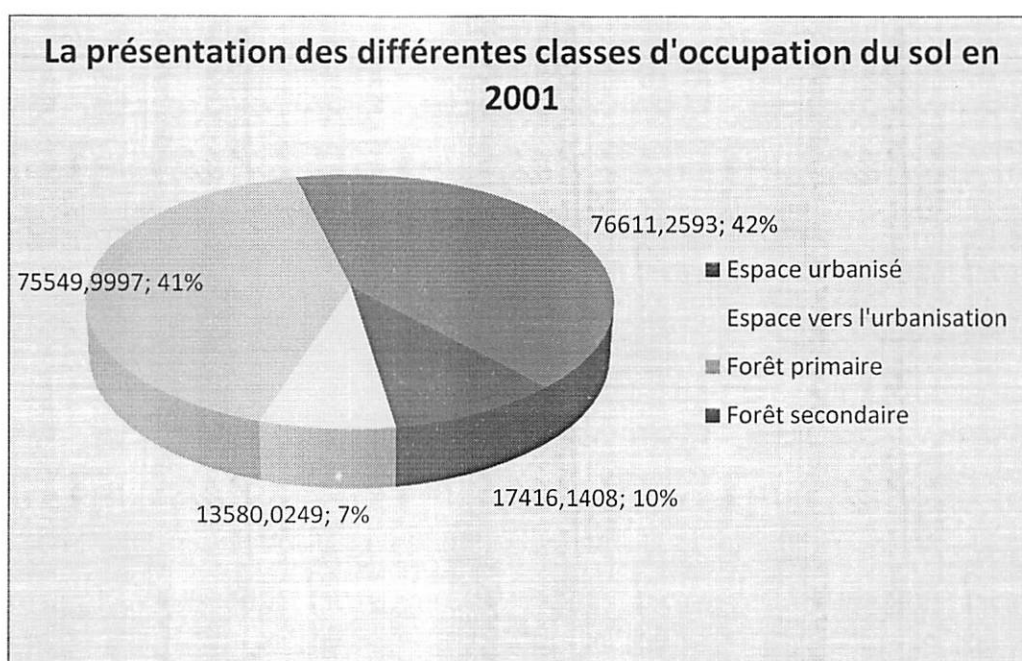


Figure 18 : La présentation des différentes classes d'occupation du sol en 2001.

Quant à la figure 18 de la présentation des différentes classes d'occupation du sol de l'année 2001 il ressort de la dite figure que, toutes les classes d'occupation du sol ont subi un changement, les classe **forêt secondaire** et **espace urbanisé** se sont plus remarquées par une augmentation de leurs superficie : la classes forêt secondaire est passé d'une portion en hectares de 61876,7462 soit 34 en terme de pourcentage en 1990 à 76611,2593ha soit 42% de la superficie totale des classes soit une augmentation de 14734ha soit 8% de la superficie totale des classes pour une période de 11ans. Quant à la classe

espace urbanisé qui en 1990 représentait une portion en hectares de 6468,8612 soit 4 en terme de pourcentage est passé de 17416,1408ha soit 10% à une augmentation de 10947,2796ha soit 6% de la superficie totale des classes dans une période de 11ans.

Quant aux deux autres classes il y a lieu de signaler que, **la forêt primaire** s'est remarquée par une régression progressive à chaque année. Elle est passée d'une portion en hectares de 85196,170 soit 47 en terme de pourcentage à 75549,9997ha soit 41% de la superficie totale des classes, chose qui entraine une perte de 9646,171ha soit 6% sur superficie totale des classes dans une période de 11ans. Et la **classe espace vers l'urbanisation** quant à elle à subie également une régression car elle est partie d'une portion en hectares de 26779,994 soit 15% à 13580,0249ha soit 7% de la superficie totale des classes, une telle réalité entraine une perte de 13199,9691ha soit 8% de sa superficie dans une période de 11ans.

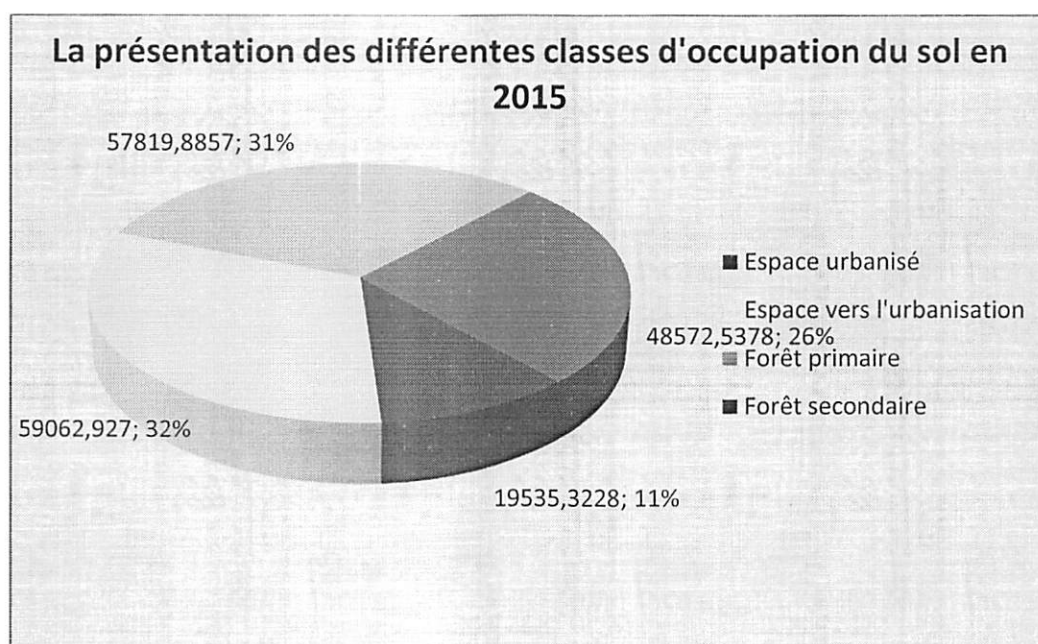


Figure 19 : La présentation des différentes classes d'occupation du sol en 2015.

Il ressort du graphique montrant les différentes classes d'occupation du sol en 2015 deux classes d'occupation du sol se sont remarquées par une augmentation de leurs superficie d'occupation, par rapport aux deux autres qui se sont retrouvées dans en régression de leurs superficie d'occupation

Quant à ce qui concerne les classes ayant gagnées la superficie, il y a lieu de signaler que une partie importante de notre zone d'étude est dominée par la **classe espace vers l'urbanisation** la dite classe qui est passée d'une portion en hectares de 13580,0249 soit 7 en terme de pourcentage à 59062,927ha soit 32% de la superficie totale des classes, ce qui implique une augmentation de 45482,9021ha soit 25% de la superficie totale des classes dans une période de 14ans. De la part de **l'espace urbanisé** se remarque dans toutes les années par une augmentation en superficie bien que la dite augmentation est faible mais toujours présente. Elle est passée d'une superficie en hectares de 17416,1408 soit 10% en 2001 à une superficie 19535,3228ha soit 11% de la superficie totale des classes ce qui implique une augmentation de 2119,182 soit 1% de la superficie totale des classes dans une période de 14ans.

Quant aux deux autres classes qui se sont plus remarquées par la régression de leurs superficies, elles se sont comportées de la manière suivante : nous avons remarqué la ponctualité de **forêt primaire** dans la série de régression de superficie donc elle est passé d'une portion en hectares de 75549,9997 soit 41% en 2001 à 57819,8857ha soit 31% de la superficie totale des classes, chose qui entraine une perte en superficie de 17730,114 soit 10% de la superficie totale de classes dans une période de 14ans. Egalement pour la **classe forêt secondaire** qui à subie une régression en superficie qui est passée d'une portion en hectares de 76611,2593 soit 42% en 2001 à 48572,5378ha soit 26% de la superficie totale des classes, ce qui entraine une perte de 28038,7215ha soit 16% de la superficie totale des classes dans une période de 14ans.

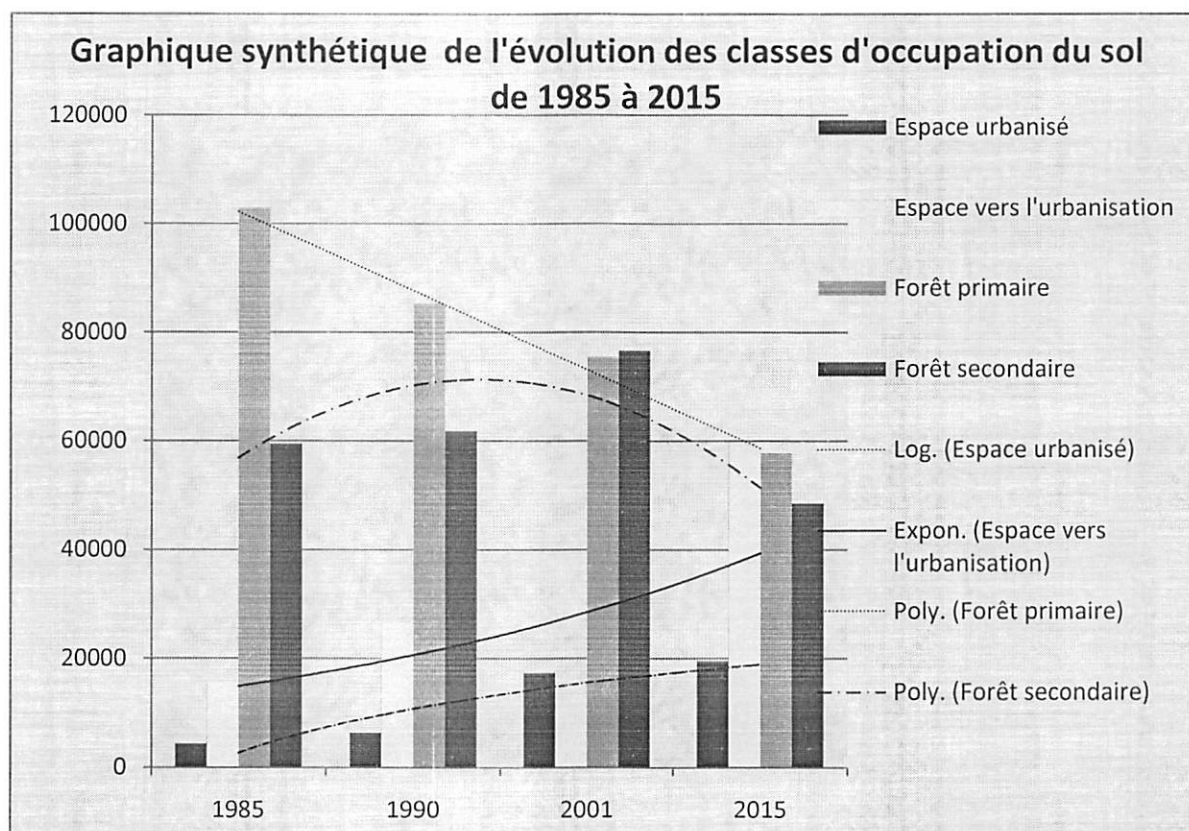


Figure 20 : Le graphique synthétique de l'évolution des classes d'occupation du sol de 1985 à 2015.

Il ressort du graphique 20 que deux classes d'occupation du sol se sont remarquées par la ponctualité à leurs tendance (s'agissant des classes forêt primaire et espace urbanisé) en deux sens différents et les deux autres leurs tendance n'est pas uniforme elles varient d'une année à l'autre.

Quant à la **forêt primaire**, sa courbe de tendance nous montre qu'elle s'est plus remarquée par une tendance régressive de 1985 en passant par 1990, 2001 jusqu'à 2015 sa superficie ne fait que démunie, elle est partie de 103046,4646hectares soit 56% à 57819,8857hectares soit 31% de la superficie totale des classes, soit une perte générale de 45226,5783hectares soit 25% de la superficie totale des classes dans un intervalle de 30ans.

Mais la classe **espace urbanisé** quant à elle s'est plus remarquée par une tendance croissante régulière de 1985 en passant par l'année 1990, 2001 jusqu'à 2015, la classe n'a pas subie une régression. Donc elle est partie d'une superficie de 4430,1682hectares soit 2% en 1985 à 19535,3228hectares soit 11% de la superficie totale des classes, ce qui implique

une augmentation de 15105,1546hectares soit 9% de la superficie totale de classes dans un intervalle 30ans.

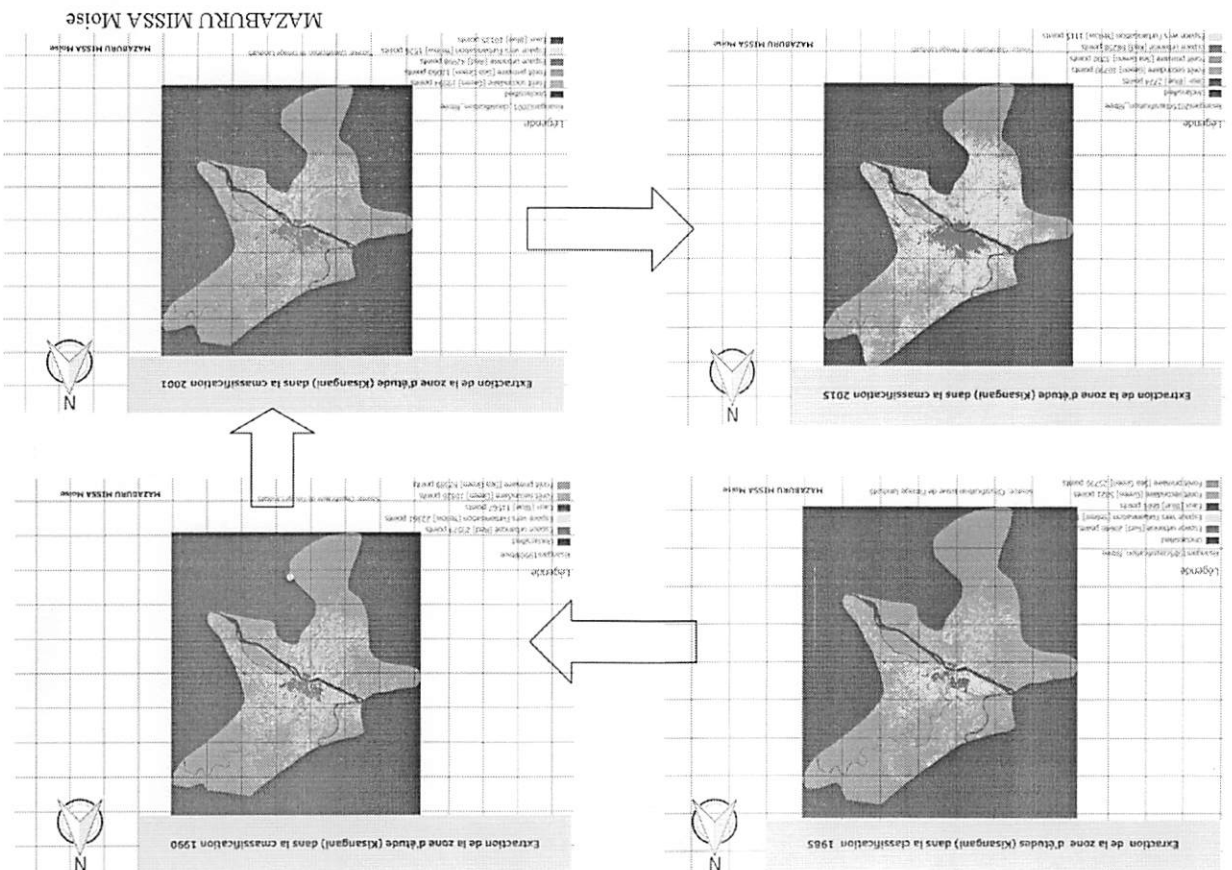
Quant à ce qui concerne la classe **espace vers l'urbanisation**, bien que la classe finit sa course par une augmentation importante, il y a lieu de signaler que cette classe été plus caractérisée par les oscillations c'est-à-dire d'une part elle été croissante et de l'autre coté décroissante selon les années comme le graphique20 montre.

Mais par rapport à l'année initiale 1985, la classe termine la course avec une augmentation en superficie. Elle est partie de 15967,8302hectares soit 9% en 1985 à 59062,927hectares soit 32% de la superficie totale des classes en 2015, ce qui implique une augmentation de 43095,0968 soit 21% de la superficie totale des classes dans une période de 30ans.

Enfin le même comportement d'oscillation s'est remarqué dans la classe **forêt secondaire** mais contrairement à la classe espace vers l'urbanisation, cette classe termine la course avec une régression elle est partie de 59503,2439hectares soit 33% en 1985 (année initiale) à 48572,5378hectares soit 26% de la superficie totale des classe ce qui entraine une régression de 10930,7061 soit 7% de la superficie totale des classes dans une période de 30ans.

Pour rendre claire les explications fournis concernant l'évolution des différentes classes, la figure 21 ci-dessous nous illustre en image comment notre zone d'étude se comportée durant notre période d'étude ainsi que les différents changements d'occupation du sol qui ont eu lieu au court de la même période d'étude qui part de 1985 à 2015.

Figure 21 : La présentation synthétique en image de l'évolution des différentes classes d'occupation de sol dans notre zone d'étude de 1985 à nos jours.



III.4. LE TAUX DE DEFORESTATION

Le phénomène de la déforestation comme nous le savions bien peut avoir plusieurs indicateurs qui peuvent être utilisés pour mesurer l'importance et l'ampleur de l'urbanisation. Dans le cadre de ce travail, nous avons notamment considéré les statistiques démographiques de la ville de Kisangani comme un signal très fort qui prouve que cette ville a subi réellement une déforestation qui se traduit par la transformation de l'occupation de la forêt primaire à une forêt secondaire ou encore complexe champs, jachères et qui finit très loin par les bâtis soit en forme rural ou urbaine. Pour bien comprendre ce problème rappelons que de 437805 habitants en 1990, la population de Kisangani est passée de 737390 en 2000, 1376117 en 2012 et environs 1504068 en 2015 avec une moyenne annuelle d'augmentation de 42650,54 habitants (INS, Direction po en 2010).

Quant à ce qui concerne notre étude, par rapport aux autres classes d'occupation du sol, le taux de la déforestation a été calculé en se servant rien que de la classe forêt primaire. Nous avons évalué l'état de notre forêt en trois étapes :

- D'abord dans une période de 5ans, dans l'intervalle de 1985 à 1990, avec comme $A1 = 103046,4646\text{ha}$ et $A2 = 85198,1708\text{ha}$ comme nous montre respectivement les figures (16 et 17), partant de ces données il y a lieu de constater que le long de cette période il y a eu un taux de déforestation de 3,46%, ce qui revient à dire que dans cette période la forêt de notre zone d'étude a subi une très haute déforestation.
- En suite dans une période de 11ans, dans l'intervalle de 1990 à 2001 avec comme $A1 = 85198,1708$ et $A2 = 75549,9997\text{ha}$ comme l'indique respectivement les figures (17 et 18), ces données nous révèlent que le long de cette période il y a eu un taux de déforestation de 1,02%, ce qui revient à dire que durant cette période de 11ans la forêt de notre zone d'étude a subi une déforestation moyenne.
- Enfin dans une période de 14ans, dans l'intervalle de 2001 à 2015 avec comme $A1 = 75549,9997\text{ha}$ et $A2 = 57819,8857\text{ha}$ comme l'indique respectivement les figures (18 et 19), ces données nous révèlent que le long de cette période le taux de déforestation est de 16%, ce qui revient à dire que dans cette période la forêt de notre zone d'étude a subi une très haute déforestation.

Pour la durée totale couvrant notre période d'étude, il est à signaler que la classe forêt primaire est partie d'une superficie $A1 = 103046,4646$ en 1985 et $A2 =$

57819,8857 partant de ces données chiffrées nous avons constaté que notre zone d'étude a subi un taux de déforestation de 1,46% ce qui revient à dire que dans la période de 30ans une déforestation moyenne a été observée.

III.2. DISCUSSION

Dans cette partie de notre travail, signalons que la zone d'étude a subi des modifications plus ou moins profondes dans l'occupation du sol de 1985 à 2015 ; et ces modifications seraient liées à la croissance démographique. Dans le contexte actuel de la ville de Kisangani , deux problèmes apparaissent comme des enjeux majeurs, à savoir : l'urbanisation et le processus de déforestation.

La classification supervisées de 1985, 1990, 2001 et 2015 ont permis de distinguer dans la présente étude 5 classes d'occupation du sol s'agissant de **classe forêt primaire, classe forêt secondaire, classe espace vers l'urbanisation, espace urbanisé** et **classe des eaux** la dite classe n'a permis à faire classification mais n'ayant pas vraiment fait l'objet d'une analyse.

III.2.1. Dynamique de l'espace urbanisé

L'urbanisation dans le contexte de notre étude est toute transformation de l'occupation du sol qui se manifeste par l'occupation de l'espace par les constructions en deux types soit type rural ou traditionnel ou toutes autres formes d'infrastructure urbaines. Mais ce phénomène d'urbanisation à également plusieurs indicateurs qui mesure l'existence de celle-ci entre autre la démographie notion qui va toujours de paire avec l'urbanisation c'est-à-dire sans la démographie le phénomène extension de ville ou urbanisation est presque nul.

Raison pour laquelle à travers les cartographies réalisées, ce phénomène d'urbanisation est analysé spatialement pour confirmer d'un côté la tendance à l'évolution de la population et d'un autre côté l'extension de ville.

- ILUNGA en 2012 menant le même type d'étude intitulé « **Cartographie par télédétection de l'occupation du sol dans la ville de Kisangani et sa périphérie entre 2002 et 2010** » trouvant que la ville est en progression de 10% chaque année tout en mettant au centre de cette augmentation le phénomène de la démographie, observation faite dans une période d'étude 8ans la dite période qui couvre 2002 à 2010.
- Mais la présente étude qui à évoluée l'urbanisation dans une période de 30ans de 1985 à 2015 nous montre que la ville de Kisangani est à une progression exponentielle a qui est passée de d'une augmentation de 2% en 1990, 6%

en 2001 et 1% en 2015 donc une augmentation totale de 9% de zone d'étude dans une période de 30ans.

III.2.2. Taux de déforestation

Quant au taux de la déforestation, l'unique classe d'occupation à été considérée pour l'évaluation de celui-ci s'agissant de la classe **forêt primaire** car c'est elle qui constitue une réserve forestière non perturbée.

Comparablement aux autres études parlant de taux de déforestation il y a lieu de signaler que :

- ILUNGA a abouti à un taux de déforestation estimé à 1,25 % dans une période d'étude allant de 2002 à 2010 soit 8ans d'étude.
- Mikwa (2010) a travaillé dans la région de Kisangani, précisément dans la région forestière de Masako et a trouvé un taux de déforestation de 1,38% pour la période de 1990 à 2001.
- Mbemba (2011) menant une étude dans le district de la Tshopo (Réserve Biosphère de Yangambi) estime la déforestation à 1,5% pour la période de 1999 à 2010.
- La présente étude présente un taux de déforestation de 1,46% dans une période qui couvre 1985 à 2015.

Au regard de la comparaison avec les résultats des autres chercheurs il y a lieu de signaler que notre résultat se trouve dans le même intervalle avec les autres (entre 0.5 – 1.5%) qui montre un niveau de la déforestation moyenne.

De plus, d'autres auteurs (Achard et al, cité par Mikwa, 2010) ont affirmé que le taux annuel de changement du couvert forestier peut varier jusqu'à 1% voire 2,3% pour des zones affectées par des activités paysannes (semblables au contexte de Kisangani) dans les forêts tropicales humides.

CONCLUSION

Issue de cette étude qui avait pour objectif d'arriver à produire la carte de la ville de Kisangani tout en déterminant son extension spatiale dans une période allant de 1985 à nos 2015 et l'évaluation de taux de déforestation qui s'est remarqué durant la même période.

Il est à signaler une telle étude ne pourrait se réalisée que en passant par une classification pour bien cerné les différentes types d'occupation du sol qui se trouve dans un milieu donné, dans le cas présent la classification supervisé a été réalisée à l'issue du laquelle nous avons obtenue pour notre zone d'étude 5classes d'occupation du sol : **classe forêt primaire, classe forêt secondaire, classe espace urbanisé, classe espace vers l'urbanisation et la classes des eaux** qui se trouvent dans notre milieu d'étude. Signalons que toutes ses classes ont subis le traitement en commençant par les composites colorées, la classification, le filtre, la conversion en vecteur, la conversion en shapefile, l'extraction de zone d'étude jusqu'à la régénération des différentes superficies de classes.

Mais quant à ce qui concerne les différentes analyses, 4 classes ont subies les analyses générale de ces 4 classes, 2 nous ont intéressés pour l'analyse de l'extension de la ville et le calcule de taux de déforestation. Respectivement ces deux classes se présentent de la manière suivante :

- La classes **espace urbanisé** nous a intéressée quant à l'analyse de l'extension de ville, durant notre période d'étude.
- La classes forêt primaire nous a aidée pour calculé le taux de déforestation durant notre période d'étude.
- ❖ **Quant à ce qui concerne l'extension de la ville** le résultat nous montre que la tendance l'extension de la ville est en croissance régulière de 1985 en passant par l'année 1990, 2001 jusqu'à 2015. Donc elle est partie d'une superficie de 4430,1682hectares soit 2% en 1985 à 19535,3228hectares soit 11% de la superficie totale des classes ce qui entraine une augmentation de 15105,1546hectares soit 9% de la superficie totale de classes dans un intervalle 30ans.

- ❖ **Quant au taux de la déforestation**, le résultat nous montre que la zone d'étude à subi un taux de déforestation de 1,46% ce qui revient à dire que dans la période de 30ans une déforestation moyenne a été observée, car la classe forêt primaire est partie d'une superficie de 103046,4646hectares en 1985 à 57819,8857hectares en 2015. Soit une perte de 45226,5789hectare.

Il ya lieu de signaler que nos résultats corroborent avec les résultat des autres chercheurs qu'ils ont trouvées également un taux de déforestation moyenne. Et surtout que d'autres auteurs (Achard et al, cité par Mikwa, 2010) ont affirmés que le taux annuel de changement du couvert forestier peut varier jusqu'à 1% voire 2,3% pour des zones affectées par des activités paysannes. Comme le cas de notre zone d'étude.

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- ANONYME [2006].**, Encyclopédie Wikipedia 2006. 19p.
- BENCHEKROUN, H., [1995].** *Urbanisme et télédétection spatiale dans les pays en développement*. Ifrane, Maroc. INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial), 155 170.
- BOEMBA. B. [2010].**, *Écologie de Pericopsis elata (Harms) Van Meeuwen (Fabaceae), arbre de forêt tropicale africaine à répartition agrégée* Université Libre de Bruxelles. 15p
- BUREL, F. & BAUDRY, J., [1999].** *Ecologie du paysage : concepts, méthodes et applications*. Paris, Editions Tec & Doc 26p.
- Defourny P., Kibambe JP. et Delhage C., [2011].** *Analyse quantitative des causes de la déforestation et de la dégradation*. Rapport final, FAO-RDC Coordination nationale REDD, Kinshasa, 106 p.
- FAO, [2007].**, *Situation des Forêts du monde 2007*. Rome 2007, 143 p.
- FORMAN, R.T.T., [1997].** *Land mosaics : the ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. P.54
- GENDREAU, F., [1996].** *Démographies africaines*, Paris, ESTEM.p.42.
- GIRARD, M. & Girard, C., [2000].** *Cours de télédétection*. M.C. Girard. 2000. Version PDF/ Online at:
- Greco J., [1979].** *La défense des sols contre l'érosion*. Paris, France, Coll. La Maison Rustique, 180 p.
- GRIMM, N. B., FAETH, S. H., [2008].** GOLUBIEWSKI, N. E., REDMAN, C. L., WU, J., BAI, X.& BRIGGS, J. M. *Global Change and the Ecology of Cities. Science*, 319, 756-760.
- ILUNGA, C., [2012].** *Cartographie par télédétection de l'occupation du sol dans la ville de Kisangani et sa périphérie entre 2002 et 2010*. Mémoire. FS/UNIKIS, 14,22,58pp.
- INS-PO., [2012].** *Annuaire statistique de la population de ville de Kisangani*. Province orientale, Division du plan, 20p.
- KADIMA. K., [2014].** *Note de cours géographie humaine*. II^e Graduat faculté des sciences sociales/UNIKIS, 22p.
- KAHINDO, J.M., [2011].** *Potentiel en Produits Forestiers Autres que le Bois d'oeuvre dans les formations forestières de la région de Kisangani. Cas des rotins Eremospatha haullevilleana De Wild. et Laccosperma secundiflorum (P. Beauv.) Kuntze de la Réserve Forestière de Yoko (Province Orientale, RD Congo)*. Thèse de doctorat, UNIKIS, Faculté des sciences, p.269.
- KAHINDO, J.M., [2014].** *Note de cours « notion de base de télédétection »* UNIKIS 2014 p.4

- LEIGH E.G. & Loo De Lao S., [2000].** *Fisher's Alpha: measuring tree diversity.* Center for Tropical Forest Science, 7-12.
- MARECHAL, J., [2012].** *Caractérisation de la dynamique d'occupation du sol de la ville de kisangani et sa périphérie entre 2002 et 2010.* Mémoire, Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, 10,76 pp.
- MATE. M., [2015].** *Note de cours politique et administration forestière.* II^e Grade Eaux et Forêt, FGRNR/UNIKIS, 2p.
- MBEMBA, I., Mama, A., Neuba, D., Koffi, K., Traoré, D., Visser, M., SINSIN, B., Lejoly, J., Bogaert, J., [2008].** *Influence des actions anthropiques sur la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la province du Bas-Congo (R.D. Congo).* Sciences & Nature Vol. 5 (1) : 49 - 60.
- MENESES-Tovar, C.L., [2010].** *Application d'une méthode d'interprétation des images de télédétection à l'observation de l'évolution de la santé des.* 75p.
- MERCIER, J.R., [1991].** *La déforestation en Afrique : Situation et perspectives.* Imprimerie Rhodes Chaudoreille, Edisud, Aix-en-Provence. 177p.
- MIKWA, N.J., [2010].** *Evaluation par télédétection des effets de la déforestation et de la dégradation des forêts à Kisangani (Cas de la Région forestière de Masako).* Dissertation DEA, UNIKIS, Faculté des sciences, 35,54 pp.
- MUKANDAMA. N., [2014].** *Note de cours d'Amélioration des arbres forestiers* II^e Grade Eaux et Forêt, FGRNR/UNIKIS, 9p.
- NSHIMBA, S.W.M., [2008].** *Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiyé à Kisangani, R.D.Congo.* Thèse de doctorat, Université libre de bruxelles 271 p.
- NTUMBA, K., [2013].** *Dynamique de l'Occupation du sol dans la réserve forestière de la Yoko entre 1984 et 2010.* Monographie. FGRNR/UNIKIS, 33p.
- OIBT., [2003].** *Etude du commerce important : Pericopsis elata.* Rapport F-PC14, Annexe 3 : pp 81-96.
- RIMBERT, S., [1992].** *Villes et Télédétection : un Etat de la Question.* Sistema Terra, 1, 9-11.
- Russens, Q., [2010].** *Apport de la télédétection à très haute résolution pour la caractérisation d'un peuplement de forêt tropicale humide, étude de cas.* Mémoire Inédit, Université Catholique de Louvain, Belgique, 18 p.
- SADAM, S.A., [2014].** *Cartographie et caractérisation du stock de carbone à la réserve forestière de Yoko.* Mémoire inédit. FGRNR/UNIKIS. 23,45pp.
- STEINBERG, J., [2000].** *Cartographie : Télédétection, systèmes d'information géographique,* Paris, Sedes p89.

- TCHATCHAMBE, A., [2012].** *Étude de la dynamique du couvert forestier d'une forêt tropicale humide suivie par télédétection spatiale. Cas de la Réserve Forestière de Yoko et ses environs (Ubundu, R.D.Congo)* faculté de sciences UNIKIS, 23p.
- WEIH, R. C. & RIGGAN, N. D., [2010].** Object-based classification vs. pixel-based classification : comparative importance of multi-resolution imagery. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37p.
- WHITE , F., [1986].** *La végétation de l'Afrique.* Mémoire accompagnant la carte devégétation de l'Afrique. Unesco / AETFAT / UNSO. ORSTOM & UNESCO, Paris, France, 384 p.
- WILMET, J., [1996].** Chapitre 13 : *utilisation du sol urbain et périurbain, applications thématiques.* Québec: Presses de l'université du Québec.
- WRI-MECNT., [2009].** *Atlas forestier interactif de la République Démocratique du Congo-Données 2009.* Rapport WRI, Kinshasa, 55 p.

Wébographie

- <http://lacan.grignon.inra.fr/ressources/EI/courteld/cours/1couverture.htm>.
- <http://earthexplorer.usgs.gov/>.
- <http://www.gsf.ca/Landsat 8/Index Landsat 8.zip>
- <http://www.distribution/>
- <http://www.Landsat/>
- <http://www.Index>
- <http://www.wri.org>
- <http://landsat.usgs.gov/tools L8 acquisition calendar.php>
- <http://landsat.usgs.gov/tools pend acq l8.php>
- <http://www.gsf.ca/fr-ca/applications/gsf-outils-pour-arcgis.aspx>

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
PROBLÉMATIQUE	1
HYPOTHESE	5
OBJECTIFS	5
INTERETS	5
SUBDIVISION DU TRAVAIL	6
CHAPITRE PREMIER: GENERALITES	7
I.1. TELEDETECTION	7
I.1.1. Acquisition des images	8
I.1.2. Classifications des images satellitaires	10
I.1.3. Types d'orbites	12
I.1.4. Signatures Spectrales de Principales Surfaces Naturelles	13
I.1.5. L'importance de l'utilisation de la télédétection en milieu urbain	19
I.1.6. Limites de la télédétection dans l'étude des milieux urbains	20
I.2. DEMOGRAPHIE	21
I.2.1. Cause de l'augmentation rapide de population	21
I.2.2. Notions de démographie et d'urbanisation	22
I.2.3. Annuaire statistique de la population de ville de Kisangani	24
I.2.4. Causes de la croissance des villes africaines	25
I.2.4. Problèmes liés à la croissance des villes africaines	25
CHAPITRE DEUXIEME. MATERIELS, MILIEU ET METHODES	27
II.1. MATERIELS	27
II.2. MILIEU	29
II.2.0. Ville de Kisangani	29
II.2.1. Situation géographique et organisation administrative	29
II.2.2. Démographie	30
II.2.3. Conditions climatique	32
II.2.3. Conditions édaphiques	33
II.2.4. Végétation	33
II.2.5. Hydrographie	33
II.2.6. Flore et faune	34
II.2.7. Cultures vivrières	34
II.2.8. Elevage	35
II.2.10. Potentialités de développement	35
II.2. METHODOLOGIE	36
II.2.0. Acquisition des images	36
II.2.1. Traitement des images	39
CHAPITRE.TROISIEME: RESULTATS ET DISCUSSION	43
III.1.RESULTATS	43
III.1.1. Résultat de la classification	43
III.1.2. Les résultats de la classification de différentes années	44
III.1.3. La dynamisme des différentes classes d'occupation du sol de 1985 à 2015	46
III.4. LE TAUX DE DEFORESTATION	54
III.2. DISCUSSION	56

III.2.1. Dynamique de l'espace urbanisé	56
III.2.2. Taux de déforestation	57

CONCLUSION	58
-------------------	-----------

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE	60
----------------------------------	-----------

LISTE DES FIGURES

Figure1 : Schématisation des relations entre les différentes composantes principales de la télédétection (Girard et Girard, 1989)	8
Figure2 : Signatures Spectrales de Principales Surfaces Naturelles	13
Figure 4: Image landsat de ville de Kisangani 1985	27
Figure 5: Image landsat de ville de Kisangani 2015	28
Figure6 : Carte de la ville de Kisangani et ses six communes	30
Figure7 : Le graphique ci-dessous montre d'accroissement de la population de ville de Kisangani de 1990 à 2012 (INS)/Po	32
figure8 : Image montrant le Path 176 de ville de Kisangani	38
figure9 : Image montrant le Row 60 et 59	38
Figure10 : Composite colorée de l'image de ville de Kis 1985	44
Figure 11 : Composite colorée de l'image de ville de Kis 2015	44
Figure12 : Différentes classes d'occupation du sol de Kis 1985	44
Figure13 : Différentes classes d'occupation du sol de Kis en 1990	44
Figure14 : Différentes classes d'occupation du sol de Kis en 2001	45
Figure15 : Différentes classes d'occupation du sol de Kis en 2015	45

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. landsat 1ère série : Landsat 1 à 3	14
Tableau 2 : landsat 2ème série : Landsat 4 et 5	15
Tableau 3 : caractéristiques des capteurs TM	15
Tableau 4: caractéristiques Landsat 6 et 7	16
Tableau 5 : caractéristique de Landsat 8	17
Tableau6 : Tableau synthétique des Landsats	18
Tableau 7 : Annuaire statistique de la population de la ville de Kisangani, Source : Institut Nationale de Statistique (INS)	24
Tableau 8 : des différents logiciels utilisés pour le travail	28
Tableau 9 : Les qualifications de niveau de déforestation	42