

# **UNIVERSITE DE KISANGANI**



**B.P 2012 Kisangani**

**FACULTE DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

**OPTION : EAUX ET FORETS**

**DEPARTEMENT : GESTION DES RESSOURCES NATURELLES**

**Cartographie des différents types d'occupation des sols et  
de la dégradation forestière à partir des images  
Satellites LandSats- ETM dans la REGION DE YOKO  
en RD Congo**



**MBUYI KANYINDA Patrick**

**Mémoire présenté et défendu en vue d'obtention de  
titre d'ingénieur agronome**

**Option: Eaux et Forêts**

**Directeur: Professeur NSHIMBA SEYA.**

**Encadreur: Assistant MIKWA NGAMBA JF.**

**ANNEE ACADEMIQUE 2011-2012**

## DEDICACE

*A Toute ma famille, particulièrement à mon père Mukuna  
Kalala Zakarie et à ma mère Nianta Tshiela Maggy*

*A Toi qui fait le bonheur de ma vie,*

*« Yalanga Mayala Bénié »*

*A tous mes frères et sœurs particulièrement à mon jumeau  
Erick Kanku Kaja*

*A L'éternel Dieu : Jehovah Elohim, Sabaoth, Elyon*

*Je dédie ce Travail*

## REMERCIEMENTS

Je rends honneur au bon Dieu pour avoir donné la force et la vie, en cela nous tenons à glorifier le seigneur Jésus-Christ de tous ses bienfaits à notre égard et sa bénédiction tout au long de notre parcours.

«Tend l'oreille, écoute les paroles des sages, applique ton cœur à ma connaissance. En effet, il est bon que tu les gades au fond de toi et qu'elles soient toutes présentes sur tes lèvres, pour que ta confiance soit placée en l'éternel. Je veux t'instruire aujourd'hui, toi, n'ai-je pas déjà mis par écrit à ton intention des conseils et des paroles de connaissance, pour t'enseigner des choses sûres, des paroles vraies, enfin que tu répondes par des paroles vraies à celui qui t'envoie » bible, proverbe 22 :17-21.

Au terme de ce travail qui couronne la fin de nos études, nous tenons à remercier de tout cœur l'Université de Kisangani pour le cadre nous offert. Nous pensons particulièrement aux autorités Académiques et Facultaires.

Nous voudrions ainsi présenter nos remerciements les plus sincères au Professeur **NSHIMBA SEYA** et l'Assistant **MIKWA Fiston** pour avoir initié cette recherche et accepté de la conduire de mains de maîtres jusqu'à cette étape finale.

La réalisation de ce travail a été possible grâce au support tant matériel et financier des plusieurs personnes, mais particulièrement de me parent **MUKUNA KALALA & MAGGY NTANTA**. Nous tenons à exprimer notre gratitude et reconnaissance à l'égard de tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à sa réalisation, que tous se retrouvent remerciés.

Je me réjouis du soutien spirituel, psychique et moral de celle qui fait le bonheur et la joie de ma vie par sa personne et sa raison d'être, pour cause je présente mes remerciements les plus chaleureux & sincère à **YALANGA MAYALA BENIE**.

Nos sincères remerciements s'adressent au Recteur, Secrétaire Général Académique, Professeur **MATE**, Professeur **UOKI**, Chef de Travaux **GEMBU Guy**, Chef de Travaux **BOLA**, Assistant **MBULA Innocent**, **IDRISSE, STEVE, ILUNGA Cédric**, Msc. Ir. **Patrick ONOTAMBA KONDJO & Monsieur Bernard ADEBU (ONG : OCEAN)** pour leur multiple dévouement dans notre parcours de formation.

## RESUME

La perte de biodiversité dans les forêts est due à la fois à la disparition totale du couvert forestier (déforestation) et à la perte d'éléments de biodiversité au sein de la forêt (dégradation). La perte de biodiversité au sein des forêts (aux niveaux des communautés, des espèces) a plusieurs causes: la Croissance démographique, dépendance économique, Pauvreté généralisée, Investissement insuffisant dans le secteur forestier, Systèmes d'évaluation inadaptés à la situation, exploitation irrationnelle, agriculture itinérante sur brulis etc.

Des études dans la réserve forestière de Yoko montrent que la dégradation de la forêt est généralisée avec un taux de 0,396% ~ 0,4%, touchant également l'ensemble du couvert d'une part et d'autre part la structure du sol, qui donne de conséquence néfaste dans l'écosystème car la forêt participe à l'équilibre de l'environnement. Toutefois, les données sur les taux et les causes de cette disparition ou de cette dégradation sont approximatives. Néanmoins, la disparition d'espèces à l'échelon local a des effets négatifs sur les populations locales.

Les responsables de la conservation reconnaissent maintenant que la perte directe des ressources forestières a elle-même des causes beaucoup plus profondes, y compris la pression démographique, la pauvreté et des politiques incompatibles aux niveaux national et international. La création d'un observatoire de forêt présente déjà un pas en avant pour remédier aux déficiences du passé.

Les problèmes de gestion se posent avec acuité. Ils ont fondamentalement favorisé la dégradation du couvert végétal. D'après Lamouroux et al (1994), la gestion d'un patrimoine tel que la forêt urbaine nécessite une matérialisation sans ambiguïté de l'autorité de l'Etat en face d'une population en constante croissance, dont le bois constitue la source d'énergie principale.

Il n'y a pas une volonté politique réelle de freiner le recul des forêts et de réduire la perte de biodiversité. Les Ingénieurs Agronomes devraient œuvrer afin que les pertes soient à l'avenir minimales et favorisés la formation des élites sur la gestion, conservation des forêts et l'utilisation appropriée des sols. Maintenir des sites forestiers en aire protégée ou réserves, orientées uniquement à la recherche scientifique et promouvoir l'aménagement durable des forêts avec des activités spécifiques portant sur l'application des lois sur la protection de la biodiversité.

**Mots-clés:** *Cartographie thématique « carte », Télédétection : « LantSats- ETM », Dégradation forestière*

## **LISTE DES TABLEAUX**

- Tableau 1. Tableau sectoriel et effectif de la population. Page 13
- Tableau 2. Base des données climatique Kisangani. Page 17
- Tableau 3. Tableau d'occupation des sols de la Province Orientale. Page 20
- Tableau 4. Tableau des nombres de tâche par classes d'occupation du sol. Page 38
- Tableau 5. Tableau des nombres des individus par classes d'occupation du sol. Page 38
- Tableau 6. Tableau récapitulatif des résultats de l'indice surfacique. Page 39
- Tableau 7. Tableau d'indice des aires d'occupation du sol. Page 40
- Tableau 8. Tableau d'indice des périmètres d'occupation du sol. Page 41
- Tableau 9. Les valeurs de pente, de facteur de forme K et la régression. Page 42
- Tableau 10. Taux de déforestation spatiale annuelle entre 1984&2010. Page 42

## **LISTES DES FIGURES**

- Figure 1. Image de la structure de la réserve forestière. Page 8
- Figure 2. Carte administrative de la réserve forestière de Yoko, village environnante. Page 10
- Figure 3. Carte de la RDC, de Kisangani et localisation de la région de Yoko. Page 12
- Figure 4. Localisation de la Réserve Forestière de la Yoko. Page
- Figure 5. Carte e la stratification de la réserve forestière de Yoko. Page 12
- Figure 6. Image spatiale de la région de Yoko. Page 15
- Figure 7. Carte du réseau routier de la région de Yoko. Page16
- Figure 8. Diagramme Ombrothémique de Kisangani de 1984 et 2010. Page 18
- Figure 9. Carte du couvert végétal de la Province Orientale. Page 19
- Figure 10. Image de la structure du sol de la région de Yoko. Page 21
- Figure 11. Image du cours d'eau dans la réserve de Yoko. Page 21
- Figure 12. Image sur l'aspect des actions anthropique de la réserve. Page 22
- Figure 13. Image sur la structure de bois dans la réserve de Yoko. Page 23
- Figure 14. Image de l'agriculture / occupation du sol. Page 23
- Figure 15. Images des Etangs / occupation du sol. Page 24
- Figure 16. Images des espèces de la faune/ occupation du sol. Page 24
- Figure 17. Carte de la réserve forestière de la Yoko en 1984. Page 36
- Figure 18. Carte de la réserve forestière de la Yoko en 2010. Page 37
- Figure 19. Evolution des nombres de tâche dans chaque classe. Page 39
- Figure 20. Droite de régression de log du périmètre et des aires de classe, en 1984. Page 43
- Figure 21. Droite de régression de log du périmètre et des aires de classe, en 2010. Page 44

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

- GPS : Global positioning system
- SPOT : Système probatoire d'observation de la terre
- ESA : Agence spatiale Européenne
- PFNL : Produit forestier non ligneux
- USGS : United States Geological Survey
- TM : Thematic Mapper
- SIG : Système d'information géographique
- UNIKIS : Université de Kisangani
- UPN : Université pédagogique de Kinshasa
- ETM : Enhanced Thematic Mapper
- FIG : Figure
- FRM : Forest Resource Management
- CFT : Compagnie Forestière de Kisangani
- FAO : Organisation pour l'Agriculture et Alimentaire
- PADF : Programme de formation en Aménagement durable de Forêt et gestion de terroir
- BEGO- CONGO : Compagnie Forestière Belgo- Congolaise
- HA : Hectare
- M<sup>2</sup> : Mètre carré

## INTRODUCTION GENERALE

Les réserves forestières mondiales sont devenues des lieux de ruptures écologiques qui engagent des processus de destruction en chaîne des éléments de biodiversité « dégradation forestière » FAO, 2007. Cette situation ne favorise pas l'évolution écologique car elle rend extrêmement la situation difficile suite aux défrichages et abandon des aménagements cultureux, ce qui traduit la dénudation et la fragmentation du sol, dont la conséquence négative sur la faune et en matière d'érosion des sols.

Le sol est un lieu de vie qui regorge des organismes tels que bactéries et invertébrés constituant aussi un véritable réacteur biologique, par conséquent avec l'affaiblissement du sol car celui-ci porte la composition en forme des agrégats composés des sables, de particules minérales, de limons et d'argile dont le grosseur varie en mètre. Le sol est couvert par la couche superficielle des terres émergées issues de la dégradation progressive de la roche mère (granite, calcaire, basalte, grès, schiste) au contact avec l'air, de l'eau, du climat, ainsi la vie animale & végétale (KAKUNI, 2009).

Les agro-écosystèmes de la réserve sont dans un état de dégradation avancée par le fait des pressions humaines : déforestation, labours inadaptés sur des pentes fortes, surexploitation sur les nappes phréatiques (K. BENABDELL, 1993).

\* Les sociétés ont des capacités à la réponse du changement environnementale dépendant de leur organisation sociale et de pérennité économique du groupe familiale. Les réponses sont extrêmement variées et diversifiée avec l'introduction de la modernité. Certaines ont le caractère de mutation sociale, culturelle, économique et des réactions immédiates telles l'émigration, l'exode, l'expansion territoriale et dramatique tel que les guerres, conflits et génocides etc. (MATE, 2009).

\* Le sous-développement et la pauvreté ont pour conséquence la prolifération excessive de la forêt en quoi la planète court vers la catastrophe écologique. Il est nécessaire de rechercher l'équilibre environnemental, la préservation des écosystèmes et le développement durable suivant la logique des principes modernes de gestion des ressources forestières répondant aux conventions internationales en matière de développement durable qui font valoir que les problèmes de croissance démographique et dégradation de l'environnement sont la conséquence d'un sous- développement si bien le secteur forestier est



riche, diversifié (la forêt, source des produits alimentaires, des médicaments, revenus monétaires) et regorge des milliers essences forestières plus ou moins exploitable régulièrement, tels que l'exploitation du bois d'œuvre Principale source d'entrée des devises. (Wasseige et al, 2009)

Au niveau national, la forêt constitue un support de développement économique et offre des services importants à l'échelle mondiale. Les ressources forestières de la République Démocratique du Congo constituent également une source de subsistance pour les populations locales et offrent des opportunités de développement à l'échelle mondiale. Ses vastes étendues forestières doivent leur luxuriance à un important réseau hydrographique dominé par le fleuve, à débit constant lié à sa position à cheval sur l'Equateur. Les forêts Congolaises ont un effet stabilisateur sur le climat, lui conférant l'attribut du poumon vert de la planète et jouant un rôle capital dans les systèmes atmosphériques, qui influence concomitamment sur le régime des précipitations. (Kahindo, 2011)

Depuis un demi-siècle, l'activité humaine entraîne des modifications à grande échelle de l'environnement. Il en va ainsi de l'urbanisation, l'intensification des terres agricoles et de l'industrialisation intensive, les produits issus de cette dernière se déversent dans les sols, les rivières, les nappes phréatiques, etc. La prise en compte de l'effet de serre est désormais capitale dans le domaine de l'agriculture. Paradoxalement, l'agriculture intensive elle-même a des retombées sur l'environnement, mettant en péril sa propre existence, avec, notamment, la pollution par les engrais chimiques et par les insecticides. (Hortens M, 2010)

Le génie génétique des facteurs agronomiques a également un rôle à jouer dans ce domaine par la préservation et la gestion durable des ressources du système écologique, de la biodiversité et de l'écosystème pour un équilibre au niveau planétaire. Pour éviter l'emploi d'engrais azotés, des gènes qui permettent la fixation de l'azote atmosphérique pourraient être ajoutés au patrimoine génétique des végétaux ne vivant pas en symbiose avec les bactéries *Rhizobium*. Il revient désormais aux agronomes de déterminer quels sont les risques de pollution, de bouleversements climatiques ou de catastrophes écologiques. La simulation sur ordinateur est l'une des avancées technologiques mises à profit dans ce domaine. Il faut rester prudent dans le domaine des organismes transgéniques, qui, répandus dans la nature, pourraient être à l'origine de déséquilibres de la flore et de la faune naturelles (comme a pu l'être l'introduction par l'Homme d'espèces continentales sur des îles).

L'un des autres défis de l'agronomie est la protection de la biodiversité, qui, en agriculture tout particulièrement, ne cesse de reculer (la plupart des espèces cultivées en masse le sont aux dépens d'espèces plus marginales parce que moins consommées). (Google) Près de deux siècles, le visage de la recherche agronomique a changé. Après avoir voulu tirer le maximum du sol et de la végétation, il s'agit maintenant, en outre, de protéger un patrimoine en proposant des solutions préventives, d'une part, et curatives d'autre part (dépollution, rétablissement de la diversité végétale, etc.). Tout en développant une production de qualité, l'agronomie a pour objet d'étudier les relations entre les plantes cultivées et leur environnement ainsi que l'amélioration de la production agricole. A l'échelle nationale, la forêt est un support du développement économique, une source subsistant pour la population locale en offrant des opportunités. La forêt portant une nécessité comme source de produit alimentaire, médicament, service, revenu monétaire et offrant des terres pour les activités agricoles (KAHINDO, 2011).

## **0.1. PROBLEMATIQUE DU SUJET**

La forêt dense humide est un écosystème doté d'une grande diversité biologique, écologique et édaphique mais fragile, pour cause sa disparition entrainera un boum ou un bouleversement sur le plan de la biodiversité et de l'humanité.

Le phénomène mondial auquel plusieurs superficies de forêt diminuent chaque année due à des facteurs expliquant la disparition progressive d'un bon nombre d'espèces végétales et animales en valeur de recherche scientifique, économique par la dégradation, affaiblissement de l'univers (écosystème), et les accidents climatiques tels que la sécheresse ou l'érosion. L'homme étant au centre du mauvais usage du sol occasionnant la dégradation forestière et de l'écosystème due aux interactions entre les populations et les ressources forestières et étant aussi les sous bassement de cette disparition progressive, par ces actions contribuant à la réduction des étendues, défrichement des forêts et ses incendies d'origine dévastatrice « criminelle ». (Sabongo, 2007)

Les réalités actuelles dans le monde reposent sur le rapport homme \_ nature, qui du temps ancien le milieu naturel déterminait l'évolution des populations humaines, mais en ce jour elle détermine l'avenir du milieu. Pour cause, on assiste à la convergence de deux domaines : « d'une part les domaines humains dû aux problèmes adaptatifs de l'homme

à son milieu (biologique, social, génétique et économique) et d'autre part les domaines écologique en préservant les équilibres biophysiques et biochimiques ». Le facteur visuel nous explicite l'influence de la nature d'implantation humaine favorisant l'intensité des domaines et les confrontant considérablement (Mate, 2010).

Les forêts tropicales présentent des grandes diversités structurelle, architecturale et floristique mais rythmé actuellement par une dégradation accélérée. La forêt de Kisangani et ses environs sont menacées plusieurs fois, d'une part par la population et les exploitants forestiers, entre autre la forte exploitation forestière, la coupe des arbres pour le charbon de bois et le bois de chauffage, la coupe de bois pour la menuiserie ainsi que la forte réduction causée par l'agriculture itinérante sur brûlis. La destruction des grandes masses forestières sont due aux activités de subsistance & informelles de la population sur l'exploitation des ressources forestières qui favorise les déséquilibres macro-économiques du couvert végétal et propageant une forte ou puissante contamination extensive dans l'écosystème. (Rapport planète vivante, 2002)

Dans la présente étude, nous supposons que la région forestière de Yoko a subi une évolution suite au changement de sa couverture du sol. Ainsi l'analyse et le traitement des images Landsats- ETM en vue d'une cartographie des différents types d'usage du sol permettront de quantifier la dégradation forestière dans la région et La comparaison de deux images Landsats- ETM de deux périodes différentes permettra de dégager les impacts de la dégradation du au changement subvenu dans la couverture végétale de la région forestière de Yoko.

## 0.2. HYPOTHESES

- ⊕ Le changement de la couverture cause –t- il une évolution négative de la forêt à Yoko?
- ⊕ La classification des images de ces deux périodes facilite –t- elle l'estimation chiffrée de la dynamique vers une perte en quantité (superficie) et en qualité (fragmentation, dégradation) du paysage forestier ?
- ⊕ Les pratiques culturelles, l'exploitation des bois (bois d'œuvre, bois à chauffage, etc.) et l'agriculture itinérante sur brûlis favorisent – t- ils les rendements du couvert forestier et la cohabitation ou échange entre l'homme et la nature ?

### 0.3. OBJECTIF

✓ *Objectif principal :*

Notre l'objectif prioritaire dans cette analyse est de pouvoir évaluer qualitativement & quantitativement par télédétection l'état de la dégradation, son impact social et l'évaluation du rendement obtenue dans la perte des éléments du couvert végétal dans la réserve forestière de Yoko.

*Objectif spécifique :*

Pour y parvenir, les objectifs spécifiques ci-après ont été fixés :

- ✓ Quantifier la dégradation forestière dans la région de Yoko à partir des images LandSats- ETM par la télédétection, en vue d'attirer l'attention sur la nécessité de mise en œuvre de stratégie de conservation du milieu.
- ✓ Définir différentes classes de la couverture et l'utilisation du sol dans la région forestière de Yoko
- ✓ Cartographier les différents types d'usages du sol par rapport à l'activité humaine;

### 0.4. INTERET DE L'ETUDE:

1. Analyser la disparition des forêts associée à la fois par la croissance démographique et par divers facteurs qui influent sur la possession des ressources et les droits d'accès aux ressources forestières, cela entraîne une appréciation de la valeur des forêts et ainsi réduisent la perte de forêts.

2. Les images fournies par les satellites de télédétection sont extrêmement précises et spécialisées, et destinées à faire apparaître et mettre en valeur certaines caractéristiques géographiques de la surface de la Terre en les juxtaposant à d'autres grâce au systèmes d'informations géographiques (SIG), offrant alors une meilleure interprétation des structures et de l'histoire de la Terre.

3. L'un des principaux objectifs de la gestion forestière continue à être la production de bois. De fait, c'est bien souvent l'objectif prédominant des forêts commerciales. Dans les forêts publiques on demande presque toujours qu'il y ait un équilibre approprié entre la production de bois, les loisirs, l'eau et la faune et la flore sauvages.

Les objectifs autres que le bois que poursuit la gestion durable de l'écosystème imposent des restrictions à la production en réduisant les niveaux d'exploitation.

## 0.5. CAUSES DE LA DISPARUTION DES FORETS

Les forêts disparaissent par manque de la politique forestière nationale, car les ressources forestières doivent être conservées; pourtant, nous observons des taux de dégradation de plus en plus élevés. Les causes de la déforestation ou de la dégradation sont dû aux causes directes par exemple, l'agriculture sur brûlis (Sharma, 1993; Deacon, 1994; Jepma, 1995; Pearce et Moran, 1994).

La croissance démographique associée à d'autres facteurs comme le manque de terres, l'aggravation de la pauvreté et de la corruption des gouvernements, augmente les taux de déforestation. Witte(1992) qui écrit sur le Zaïre, l'a bien exprimé.

Les causes directes englobent l'expansion de l'agriculture, le surpâturage, les mauvaises pratiques d'abattage et les causes profondes comprennent les échecs du marché et des politiques, la croissance démographique, la pauvreté rurale qui aboutit à la conversion des terres, l'investissement insuffisant dans le secteur forestier, et les systèmes d'évaluation inadaptés à la situation etc.

## 0.6. DEFINITION DES CONCEPTS

**La dégradation** est le phénomène de détérioration des surfaces couvertes de forêt. Elle résulte des actions de déboisement puis de défrichement, liées à l'extension des terres agricoles, à l'exploitation excessive ou anarchique de certaines essences forestières.

**Les diagrammes spatiaux « carte »** sont des instruments destinés à une fin concrète, l'utilité immédiate mais aussi comme image, qui est une illustration ou symbole. (Kondjo, 2006).

**La cartographie** étant une composante intégrale du processus de gestion des ressources terrestres permettant de dresser des cartes géographiques, géologiques & topographiques réalisable grâce aux ordinateurs et données digitales par les procédés photogrammétriques (science qui permet l'analyse quantitative et qualitative des photographies aériennes).

**Les défrichages et les coupes** opérés pour accroître les surfaces agricoles et fournir des bois d'œuvre & de chauffage font passer le territoire (Aire protégée) de la réserve forestière de Yoko d'un taux de boisement de 90% à moins de 15% seulement.

La **forêt** « c'est une étendue de terrain occupée principalement des grands arbres ou ensemble des grands arbres qui couvrent un terrain boisé » serait responsable de 18% à 20% des émissions des gaz.

**Gaz à effet de serre** « augmentation de la température sur terre par la rétention de l'énergie solaire (chaleur) par gaz (eau, méthane, carbonique, oxyde nitreux) ; C'est un des éléments importants qui causent le réchauffement climatique. (JRM, 2010).

**Biosphère** : zone rassemblant l'air, la terre, les eaux, dans laquelle évoluent des êtres vivants

**Ecosystème** : Ensemble constitué par un milieu et les organismes vivants en dépendent

**Forestière** : potentiel sylvicole d'un biotope.

La **télédétection** offre un moyen d'identifier et de présenter les données planimétriques de façon efficace et dans un format pratique.

C'est dans ce cadre ou contexte que s'inscrit ce mémoire destiné aux intellects congolais ou internationaux appelé à comprendre & assimiler l'administration rationnelle (Mikwa, 2011) dans le rendement ou production végétatif, distribution et la gestion dans la consommation des richesses forestières de bien et service dans un environnement dévasté auquel on doit protéger durablement ; car la destruction des forêts conduit à une perte de 2 à 3% de la biodiversité par décennie.

C'est dans cette optique, nous nous sommes proposé d'étudier les dynamiques du couvert forestier sous son aspect socio-écologique non seulement de cette réserve, mais de toute la région forestière de la réserve forestière de Yoko de 1984 et 2010.

## 0.7. SUBDIVISION DU TRAVAIL

Outre l'introduction et la conclusion, le présent travail est subdivisé en quatre chapitres :

- ✓ Le premier chapitre parle de la généralité et circonscription du sujet
- ✓ La deuxième traite sur le milieu d'étude
- ✓ La troisième table sur les matériels et les méthodes
- ✓ Le quatrième présente et discute les résultats

# **PREMIER CHAPITRE : GENERALITE ET CIRCONSCRIPTION DU SUJET**

## **I.1. Cartographie forestière**

La cartographie forestière permet d'avoir une connaissance précise des peuplements qui la composent et donc pouvoir réaliser une gestion efficace.

Elle permet également de disposer de documents clairs et précis permettant de profiter de tous les aspects de la forêt. Elément indispensable à la gestion forestière, la cartographie est devenue un outil de simplification pour les gestionnaires. (ONOTAMBA, 2006)

L'informatisation des données associée aux technologies modernes (GPS, photo aérienne, logiciel SIG, ...), permet aujourd'hui d'apporter précision, qualité et souplesse d'utilisation aux documents réalisés et aussi d'évaluer l'impact des menaces d'origine naturelle.

## **I.2. SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE : « SIG »**

Un Système d'Informatique Géographique « SIG » permettant, à partir de diverses sources, de rassembler, d'organiser, de gérer, d'analyser, de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace (Ngomba, 2006).

Le SIG offrent des nombreux avantages :

- possibilité de superposer selon les besoins sur une carte donnée toutes les couches d'informations souhaitées ;
- facilité de reproduction, de correction ou de modification de cartes ;
- rapidité de réalisation de divers traitements : calculs de longueur et superficies, « Géotraitement » (combinaison de plusieurs couches d'informations),
- interpolation ;
- facilité d'intégration de relevés GPS.

Divers logiciels de SIG sont employés en cartographie forestière : Arcview 3.3 ArcGis 9 (ou ancienne version, 8) Mapinfo.

Dans ce 21ème siècle débutant, l'information géographique prend de plus en plus de l'importance dans les domaines variés de la science, de la gestion et particulièrement dans l'aménagement. Parmi les différents modes de représentation de l'information

géographique, la représentation en image s'impose de plus en plus, notamment avec l'imagerie satellitaire du fait de la vision synoptique de la réalité qu'elle impose.

Les cartes d'occupation du sol sont le type de carte le plus courant créé à partir des images satellitaires. Dans ces cartes thématiques, les terres sont classées et regroupées par groupes présentant une occupation ou une utilisation similaire.

### **I.3. STRUCTURE D'UNE RESERVE FORESTIERE**

Les fonctionnements de sociétés dépendent des actions exercées sur les systèmes écologiques et la manière auquel les êtres humains perçoivent l'environnement et lui accordant l'importance. La transformation des besoins, l'émergence de nouvelles stratégies familiales et sociales, les désenclavements des campagnes sont des causes majeures de l'exploitation due aux croissances de la population et la rareté des ressources disponibles. La prise de conscience de problème n'est guère orientée uniquement à la société occidentale, car la préoccupation grandissante porte sur les atteintes à la qualité de vie, sur l'état et à l'évolution des ressources qui a donné corps à l'idée que la planète porte des limites. (Anonyme, 2010)

Les problèmes de survie et de la pauvreté dominant largement les préoccupations écologiques partout ailleurs. A travers la FAO (2005), la surface totale des forêts au niveau planétaire évaluée à 3952 millions d'hectares soit 30,3% de la surface de la terre équivalent à 0,62Ha par d'individu en rapport de la population mondiale de 6,3 milliard d'individus et l'étendue des forêts africaines estimée à 635 millions d'hectares.

En 2007, l'organisation pour l'agriculture & alimentaire par la FAO, constate la disparition de 13 millions d'hectares de forêt, sachant que les forêts hébergent plus de 50% de la biodiversité spécifique, terrestre et constitue les réservoirs stables pour 46% du carbone terrestre et observant le dioxyde de carbone qui nourrit l'effet de serre et jouent un rôle prépondérant dans le cycle de l'eau (Boeck, 2002).

La forêt tropicale humide participe à la purification et au recyclage de l'eau de même elle participe à la lutte contre le réchauffement climatique car possédant la faculté d'emprisonner le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>).



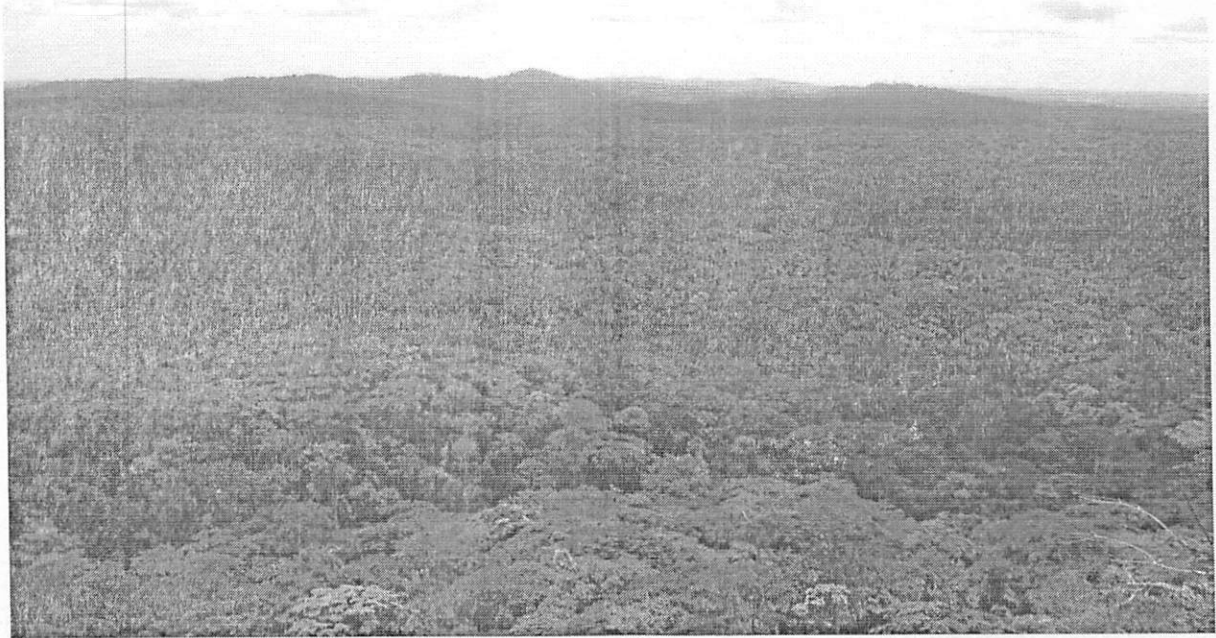


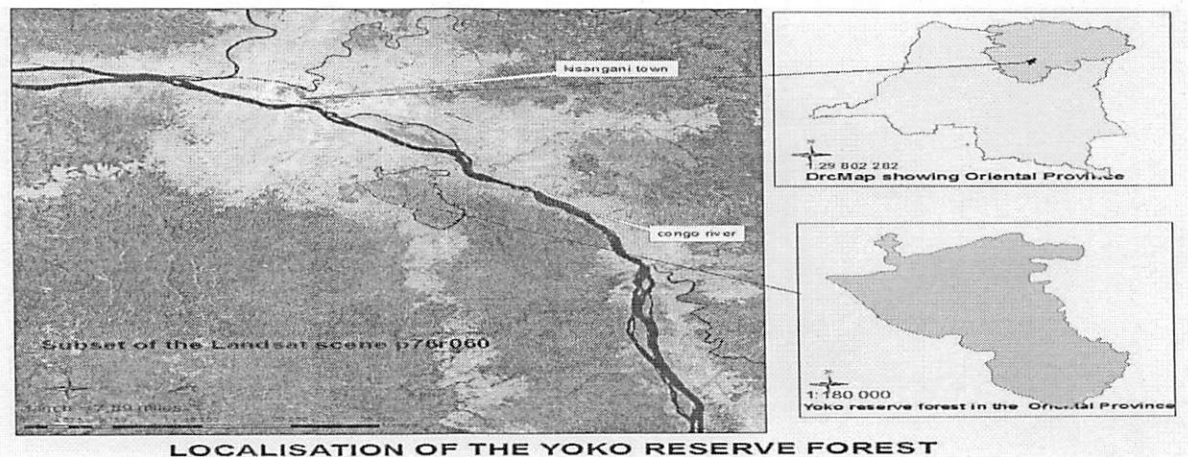
Fig.1. Image de la structure d'une Réserve forestière

Par estimation, 137 espèces disparaissent chaque jour dans le monde du à la déforestation tropicale c.à.d. environ 1,5 milliard de personne dépendent totalement ou partiellement des forêts pour vivre (Bergonzimi & Ianly, 2000) crée par conséquence un dénudement large de l'Afrique et l'effeuillage par l'exploitation industrielle du bois sur le continent.

Le cadre juridique & institutionnel inadéquat, le contexte politique défavorable caractérisé par une instabilité et des conflits destructeurs de l'environnement sont la cause profonde auquel la plupart de forêt en RD Congo subissent des processus de dégradation et déforestation donnant lieu à un impact négatif sur l'écosystème et le mode de vie des populations locales créant fragmentation et changement climatique globale accompagner de perte en biodiversité (MMFT, 2002 & Barima, 2009).

La réserve forestière de Yoko faisant partie intégrante des forêts denses tropicales humides qui se définissent par leur structure et la composante floristique. Cette forêt étant généralement multi strates où on trouve les arbres atteignent jusqu'à 40 à 50 mètres de haut couvert d'une canopée à périodicité phénologique (floraison, fructification et défoliation).

Nous tenons à faire savoir que la couverture forestière de la réserve forestière de Yoko se dégradent et régressent continuellement de nos jours à la suite des activités anthropiques, vieillissement de la flore & des perturbations floristiques due au dynamisme interne favorisant les éléments biotiques et abiotiques assurant l'équilibre écologique.



Sonke (2007) fait savoir les problèmes qui se pose dans la gestion et la conservation des forêts tropicales sont généralement liés à la méconnaissance de la composition de leurs diversités biologiques d'une part et d'autre part, à une maîtrise insuffisante des différents mécanismes écologiques qui s'établissent entre les espèces et leur environnement.

Les régions tropicales sont fragmentées par l'instabilité socio-économico-politique, le développement des infrastructures, urbanisation croissante, intensification des terres agricoles, l'exploitation des bois, exploitation minière, l'exploitation forestière, l'agriculture itinérante sur brûlis, la croissance démographique et la pauvreté.

Les dynamismes de l'écosystème forestier sont mieux compris par usage des nouveaux outils et techniques tels que la télédétection spatiale et les systèmes d'informations géographiques (SIG) par le traitement des données avec performances. Ceci nous permettent de maîtriser et comprendre cet environnement par sa caractérisation, son évolution, rendement économique, étude de changement et leur impact écologique du milieu pour une gestion dynamique, rentable & durable de l'écosystème forestiers sur diverse échelle en rapport au degré de l'impact d'intervention humaine appropriées sur le système évolutif.

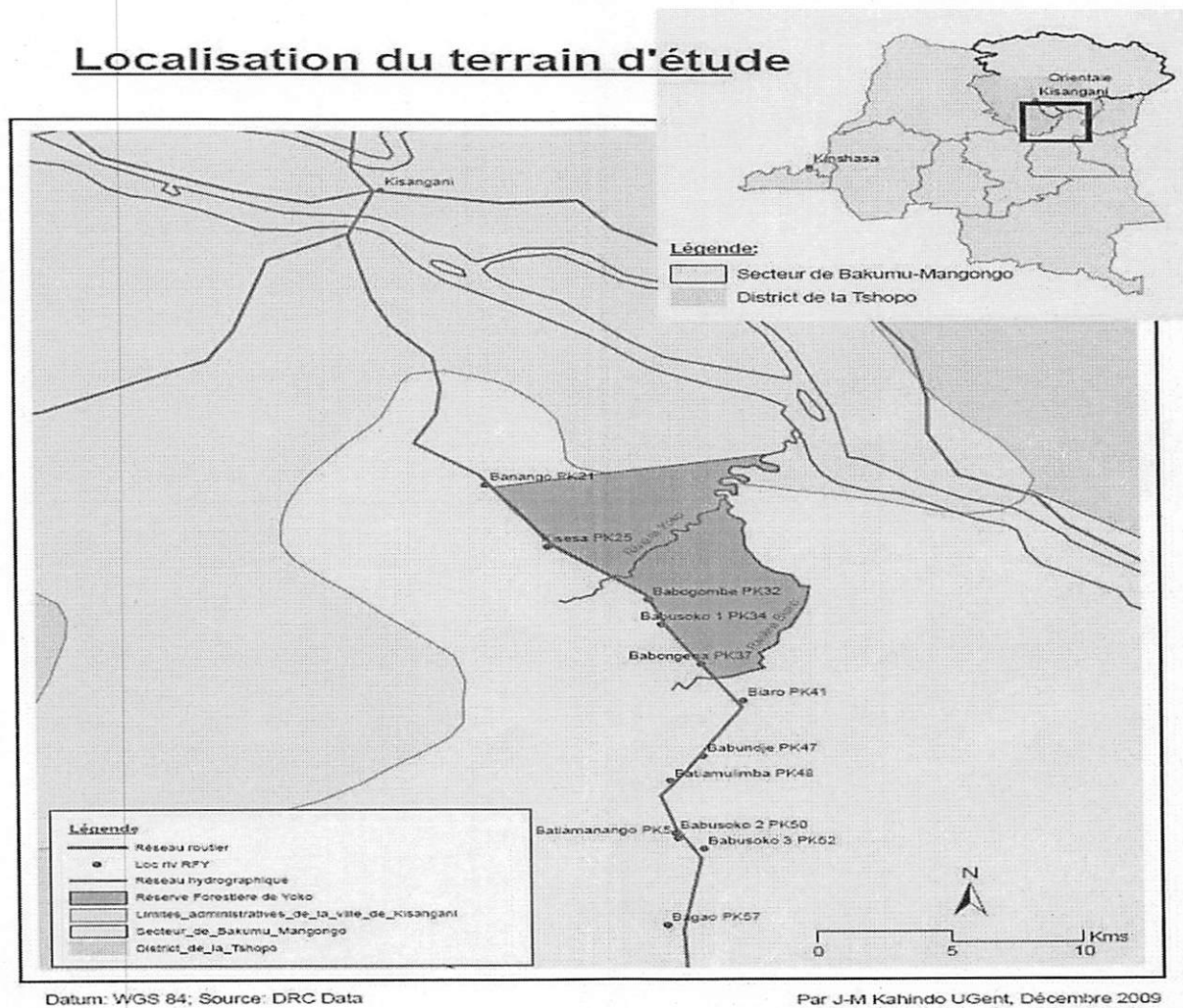
## CHAPITRE II : MILIEU D'ETUDE

Notre étude s'est déroulée dans la Province Orientale en République Démocratique du Congo, dans la ville de Kisangani particulièrement dans le Territoire d'Ubundu, dont les descriptions sont détaillées dans les lignes qui suivent.

### II.1. HISTORIQUE

Cette réserve est une propriété de l'institut congolais pour la conservation de la nature conformément à l'ordonnance –loi n° 75-023 de juillet 1975 portant création d'une entreprise publique de l'état telle que modifiée et complétée par l'ordonnance – loi n° 78-190 du 5 mai 1988 dans le but de gérer certaines institutions publiques environnementales (Lomba & Ndjele, 1998).

Fig. 2. Carte administrative de la réserve forestière de Yoko et les villages environnante



## II.2. Cadre Biophysique

### II.2.1. Situation géographique et organisation administrative

Etant délimitée au Nord par la ville de Kisangani et les forêts perturbées; au sud et à l'Est par la rivière Biaro qui forme une demi- boucle; à l'Ouest par la voie ferrée et la route Kisangani- Ubundu le long de laquelle elle se prolonge du point kilométrique 21 au point kilométrique 38 (Lomba & Ndjele, 1998), Elle est baignée par la rivière Yoko qui la subdivise en deux parties dont le bloc nord avec 3370 ha et le bloc sud avec 3605 ha, soit une superficie totale de 6975 ha (Boyemba 2007, in asemonyio op.cit).

La Réserve Forestière de Yoko se situe dans la collectivité Bakumu- Mangongo au sud de Kisangani, dans le territoire d'Ubundu, district de la Tshopo. Sa position géographique la situe entre les villages Banango (point kilométrique 21 ; 00°21,439' latitude Nord ; 25° 13,979' longitude Est) et Bagao (PK 57; 00°06,653'N ; 25° 17,622'E) sur la route Kisangani- Ubundu, à la rive gauche du fleuve Congo.

La réserve est irriguée par la rivière Yoko qui la subdivise en deux blocs dont le bloc Nord avec 3.370 ha et celui du Sud avec 3.605 ha, soit une superficie globale de 6.975 ha. Elle est bordée à l'est et au sud par la rivière Biaro qui se déverse dans Yoko à mi-parcours et 435m d'altitude. En plus de deux rivières Yoko et Biaro, la réserve compte un réseau hydrographique dense formé de petits ruisseaux dont le plus importants sont : -Mungamba,

- Avokoko et

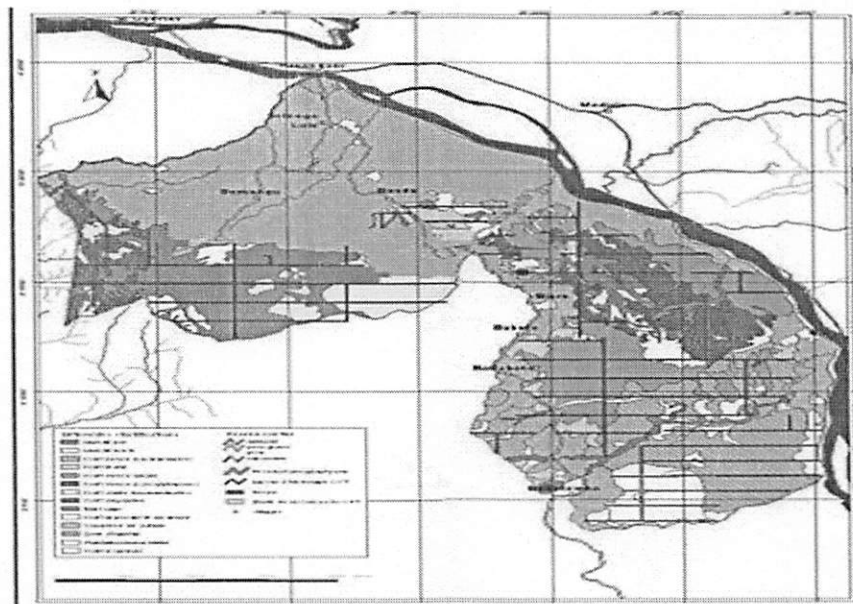
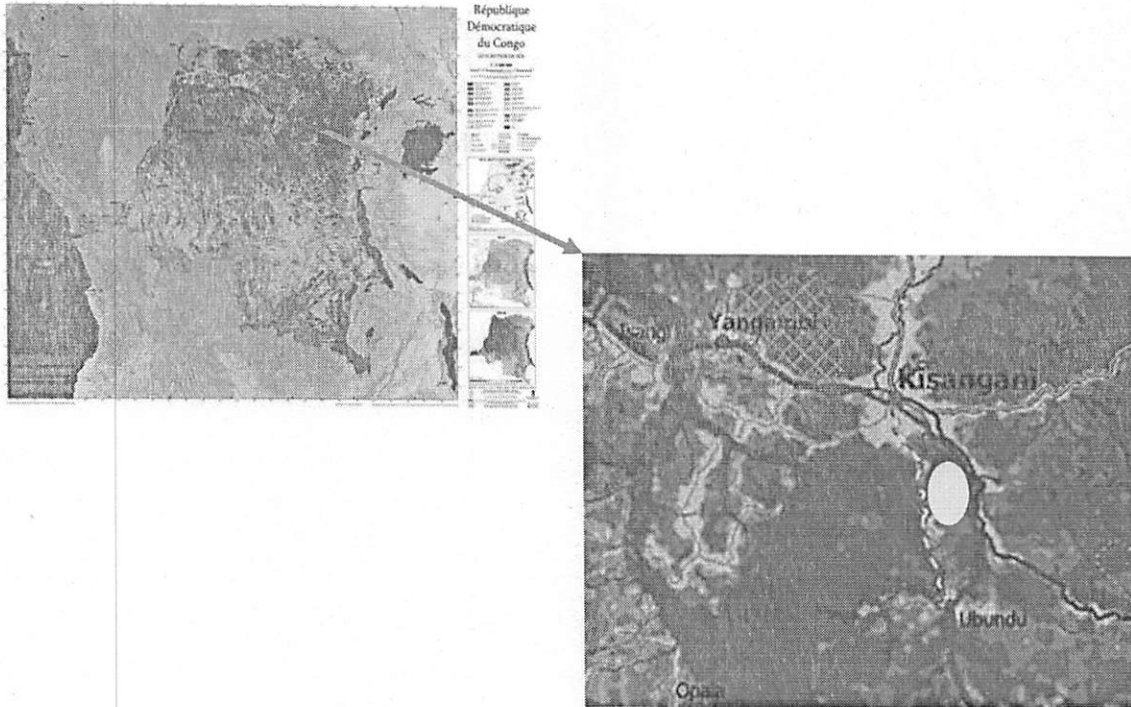
- Losongo. (Thèse KAHINDO, 2011 PDF)

La réserve forestière de Yoko n'est pas épargnée, Cette réserve est une propriété de l'institut congolais pour la conservation de la nature. Le danger avait été ressenti et a conduit à la création d'une zone protégée : « la réserve forestière de Yoko »; qui comprend d'innombrable espèces végétales importantes dans diverses strates. Ses différents types forestiers lui confèrent une importance écologique et présente un intérêt particulier dans la dynamique forestière. Ces informations sont pourtant primordiales en vue d'une production durable des ressources forestières, donc il est avant tout nécessaire de bien la connaître.

La réserve se trouve à 32 km de la ville de Kisangani à la rive gauche du fleuve Congo.

Sa localisation est illustrée par la figure 3 ci-dessous :

Figure 3. Carte de la RD Congo, Ville de Kisangani et localisation de la Réserve forestière de Yoko (en petit cercle jaune). (Source: Vancustem, 2006; Google earth KUMBA, 2007).



Source : Kumba, 2007. Figure 4. Localisation de la Réserve forestière de la Yoko, Ubundu, RD Congo (encadrée en rouge)

## II.2.2. LA POPULATION DU TERRITOIRE D'UBUNDU REPARTIE PAR SECTEUR

Population, ensemble des individus de la même espèce qui occupe un espace quelconque à un moment donné. Démographie : partie de l'écologie qui étudie les caractéristiques ou attributs d'une population du point de vue quantitatif et les facteurs qui en est responsables (écologie ou dynamique des populations).

N°	Secteurs	Effectif de la population
01	Walengola-Lowa	26.580
02	Mituku Basikate	9.424
03	Bamya	15.289
04	Walengola Babina	33.803
05	Walengola Baleke	10.951
06	Bakumu-Mangapo	14.445
07	Bakumu-Mandombe	45.441
08	Bakumu-Kilinga	11.035
09	Bakumu-Abiatuku	30.247
10	Walengola- Lilo	9.223
11	Kirundu	1.117
12	Cité d'Ubundu	7.417

Tableau 1. Secteur, effectif de la population correspondante.

Division du Plan, 200

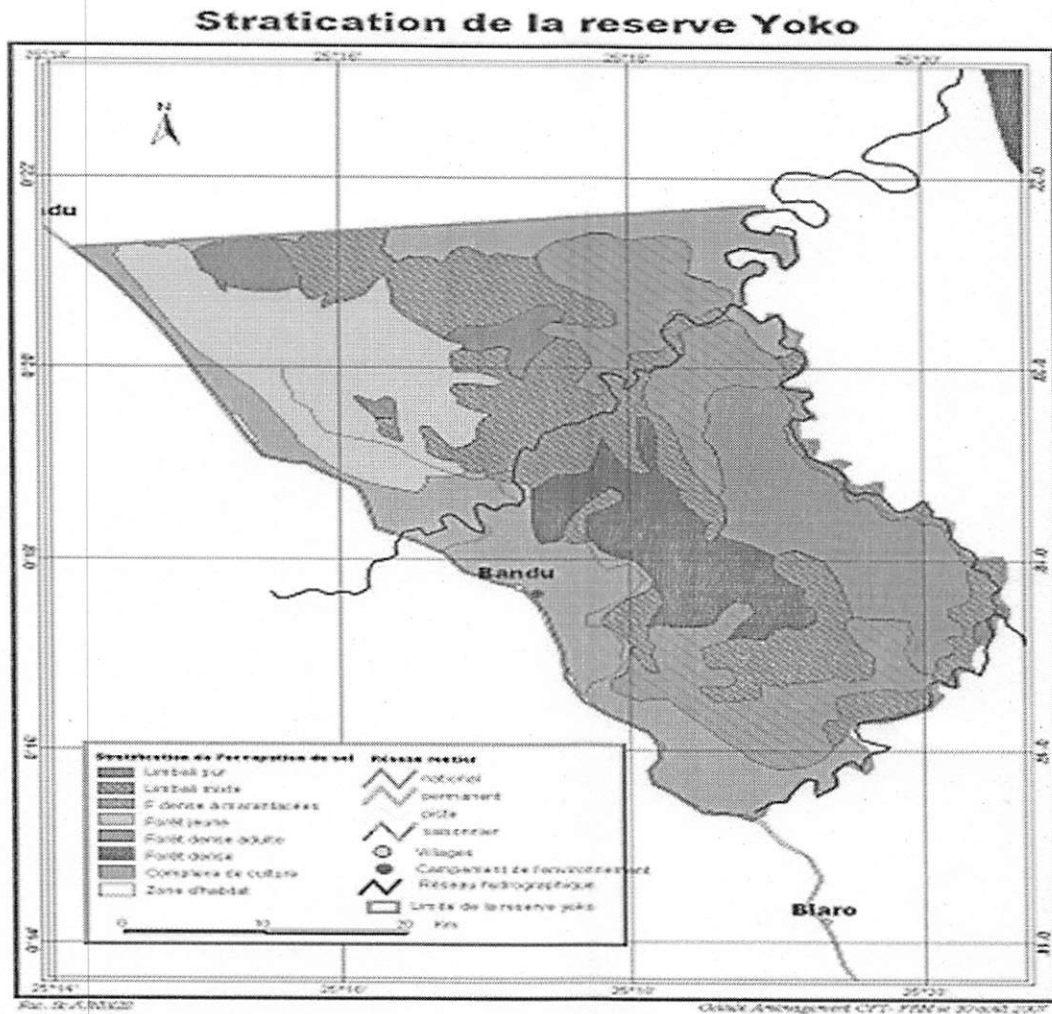
## 2.3. DOMAINE GEOMORPHOLOGIQUE

### 2.3.1 Occupation du sol du couvert forestier

#### *a. L'occupation du sol dans sa stratification*

Ayant environ 30m de résolution, l'image venant de Lantsats de 1990 et Lantsats ETM de 2000 porte l'efficacité des techniques développées dans le contrôle de la déforestation.

Une étude a été menée sur la déforestation en Afrique centrale (Duveiller & al. , 2008), En cela, pour l'analyse des zones forestières, nous allons utiliser les bandes TM3, 4, 5 qui correspondent respectivement aux bandes rouge, proche infrarouge et moyen infrarouge enfin d'une estimation la plus correcte possible de la déforestation par la classification multi-dates des données basée sur les changement temporels d'objets (PADF, Kisangani 2010).



**Fig.5. Carte de stratification de la réserve de Yoko**

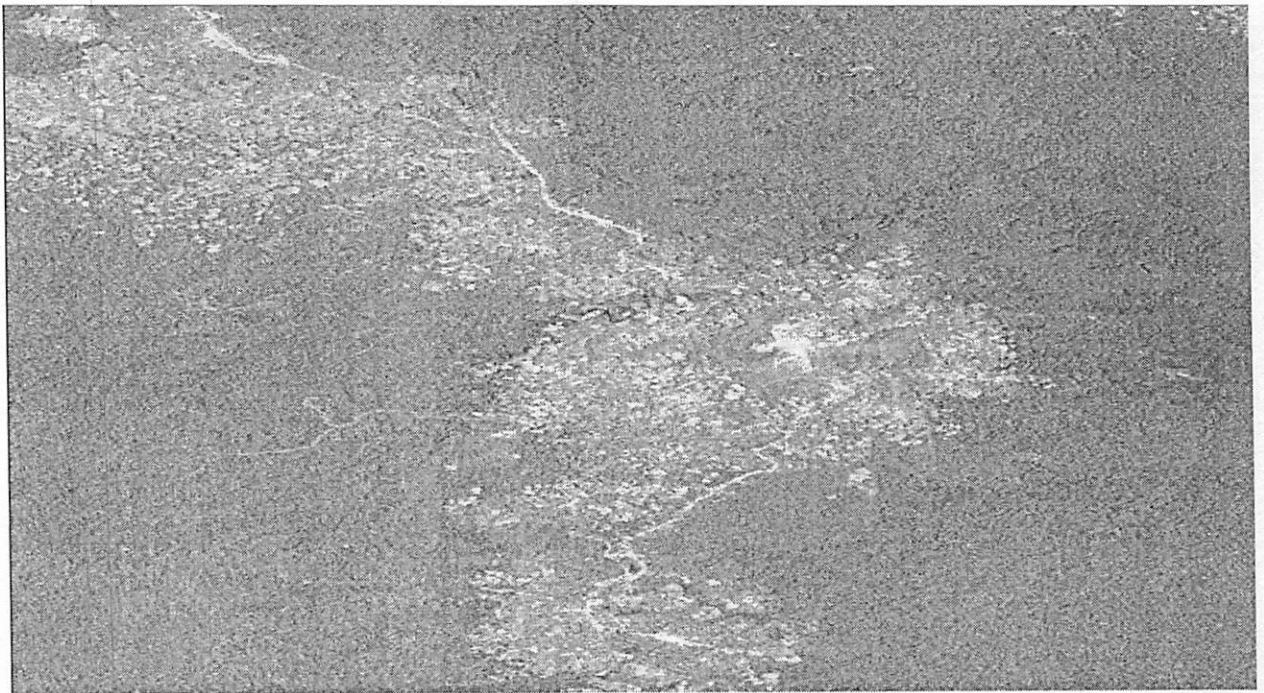
La stratification est le nombre de strates qui résulte est variable selon le type de végétation, ou une disposition en plusieurs étages plus au moins individualisés des feuilles de différentes espèces végétales qui constituent la forêt. (BOLA, 2010)

**b. La représentation spatiale stratifiée**

Par typologie, l'objectif principale est la prise d'image les plus récentes de chaque échantillon des sites de surveillance et mesurer le changement de couverture végétale. Le groupement en pixel des trajectoires au changement de la couverture végétale, segmentation des images de différente date permet judicieusement la réalisation dans l'optimisation réelle et judicieuse de l'interprétation visuelle de l'image. Les classes dépendent de l'échelle utilisée.

Selon Quettin, en 2009, les classes peuvent présenter une même signature spectrale à une certaine échelle c.à.d. la précision de 10 classes est de 72% mais lorsque la résolution s'affine, donc il ya différence de l'image (Mikwa, 2010).

La différenciation de classe, tels que forêt dense, forêt humide, forêt dégradée, eau, zone non déterminée (Hens, 2000, Vancutsen C et al. 2006), est obtenue au moyen de la technologie informatique par l'utilisation de l'information de télédétection comme source de donnée pour les applications cartographiques et topographique associée à *la résolution spatiale*, tels que : l'imagerie **Landsat TM**, l'imagerie **SPOT HRV** en mode panchromatique et l'imagerie **IKONOS** en mode panchromatique (Kabasele Albert , 2010).



**Fig.6. Image spatiale de la Reserve Forestière de Yoko**

### ***C. PROFIL CARTOGRAPHIQUE DU COUVERT***

La cartographie étant une composante intégrale du processus de gestion des ressources terrestres, permet l'analyse des données en télédétection; car elle porte 4 aspects principaux : le prétraitement des données, la stratification, la classification, et l'évaluation de la classification.



Dans le contexte de la déforestation en région tropicale, on voit 3 étapes à savoir :

- ✓ la segmentation multi- temporelle et la signature des objets,
- ✓ la classification de forêt & non forêt,
- ✓ la détection du changement de la couverture forestière.

La localisation de l'analyse de la détection du changement (Zhang et al, 2005) est effective grâce à l'automatisation de la classification et la généralisation de méthode au sein de région tropicale par la télédétection, la variabilité de la haute reluctance due à la rigidité du canopée et à l'effet atmosphérique (Mikwa, 2011).

### Localisation de la forêt de Yoko

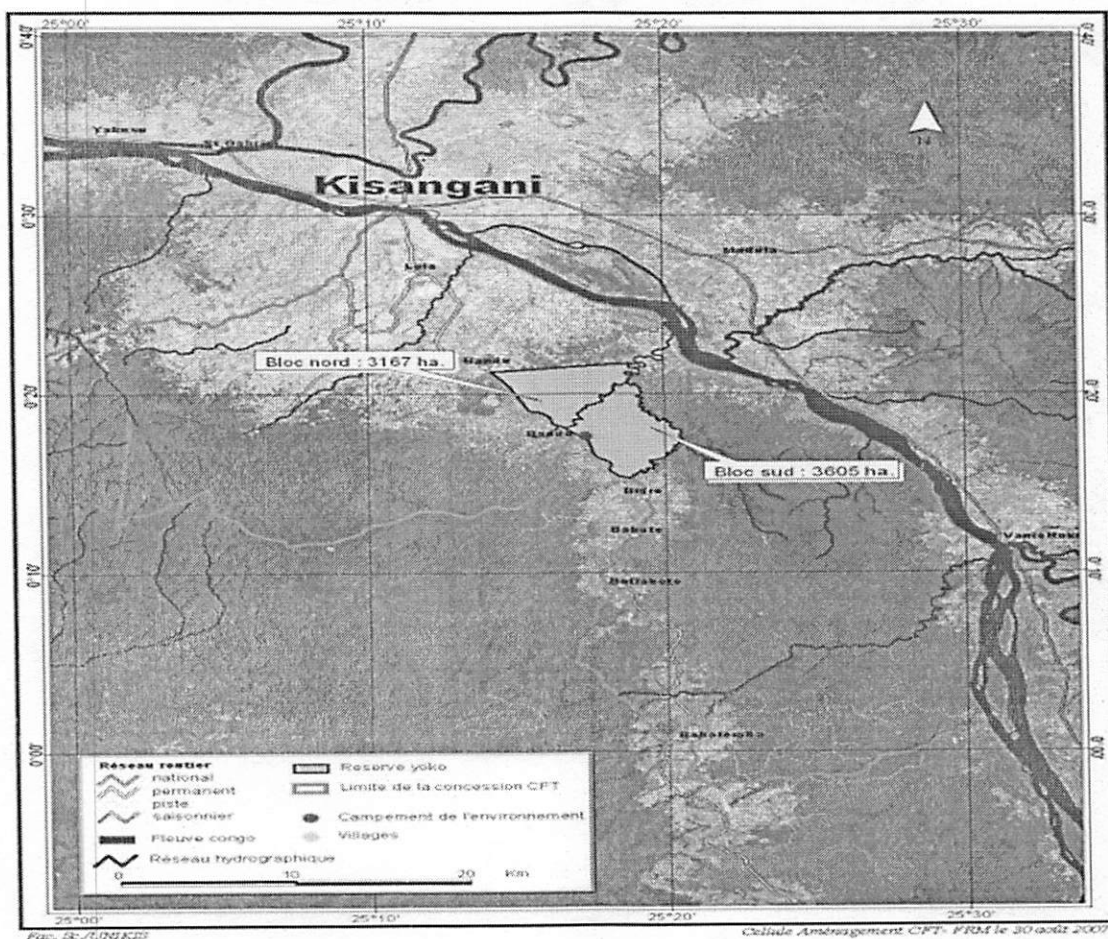


Fig.7. Carte du réseau routier de la région forestière de la Yoko.

## II.4. CLIMAT

De par sa proximité à la ville de Kisangani, cette réserve bénéficie globalement du climat régional de celle-ci qui est du type Afi, selon la classification de Koppen dont les moyennes de température des mois le plus froids sont supérieures à 18°C (l'amplitude thermique annuelle inférieure à 5°C) et les moyennes des précipitations du mois le plus sec oscillant autour de 60mm (Ifuta, 1998).

Cependant, la Réserve Forestière de Yoko présente quelques petites variations microclimatiques dues à une couverture végétale plus importante et au réseau hydrographique très denses.

De manière générale, la température moyenne de la ville de Kisangani est de 25°C et l'humidité relative moyenne mensuelle est estimée à 84% (Mate, 2001).

JAN_HI	FEV_HI	MAR_HI	AVR_HI	MAI_HI	JUI_HI	JUL_HI	AOU_HI	SEP_HI	OCT_HI	NOV_HI	DEC_HI	Annee
88	67	81	75	78	76	87	76	78	89	89	91	1994
71	78	81	68	78	84	87	96	97	84	87	87	1995
72	81	84	64	80	85	82	79	80	84	89	89	1996
84	73	78	76	90	95	89	96	72	84	89	91	1997
82	75	71	76	92	86	76	90	86	87	89	92	1998
76	74	76	65	88	86	89	73	90	88	78	93	1999
86	95	85	78	64	80	80	74	78	75	89	81	2000
74	78	91	75	53	85	78	89	79	82	80	89	2001
80	74	74	75	85	86	89	82	76	78	82	90	2002
82	80	76	73	86	78	86	83	75	77	87	94	2003
69	82	76	62	63	82	83	84	86	82	88	89	2004
85	74	70	67	89	62	76	87	78	86	87	92	2005
84	72	68	78	72	76	80	78	78	80	83	89	2006
86	78	62	83	88	88	88	76	75	78	85	90	2007
92	94	71	79	76	94	87	86	67	74	86	92	2008
86	94	74	70	80	84	90	77	65	79	0	95	2009
*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tableau 2. Base des données climatique Kisangani.

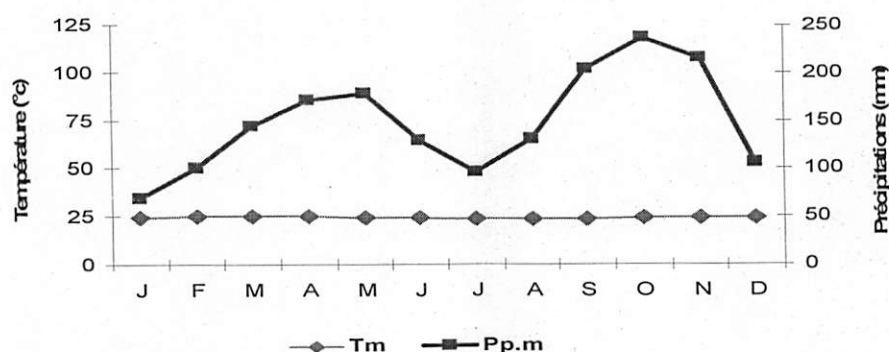
*Dr Albert KABASELE YENGAYENGA Professeur de Physique Spatiale «*

*Téledétection Satellitaire SIG et Climat » Faculté de Sciences UPN-Kinshasa*

IL convient de signaler tout de même que depuis quelques années, on observe des fortes perturbations climatiques dans la ville de Kisangani et ses environs, dues aux augmentations des températures et des pluviosités (Rapport Monusco, 2008).

Les saisons de pluies couvrent le mois de février à mai, puis de septembre à novembre (Kamabu et Lejoly, 1994). Nous nous servons de données climatiques fournies par la division provinciale de la météorologie pour construire une courbe ombrothermique.

Ces données sont échelonnées de l'année 1987 à 1996.



Source: (station météorologique de Bangboka, 2007) in Kumba, 2007.

Figure 8. Diagramme ombrothermique de Kisangani de 1987-1996.

## II.5. VEGETATION et FLORE

La végétation de la réserve de Yoko est un assemblage des divers types sylvatiques, car suivant la nomenclature utilisée par le Forest Resource Management (FRM) la végétation de la réserve présente quatre types forestiers, à savoir : La concession des cultures, la forêt à Gilbertiodendron dewevrei, la forêt mixte et la forêt dense adulte, clairsemées des clairières à Marantacées et à rotangs.

Pour Russens (2010), cette partie de la forêt tropicale humide est composée d'une grande diversité d'espèces semi-décidues. Les plateaux sont occupés par une forêt semi-décidue. La caducité foliaire n'est pas synchronisée entre les espèces, mais se passe principalement pendant les saisons sèches.

Les individus de ces espèces se régénèrent au début des saisons des pluies. Les vallées présentent une forêt dense humide sempervirente avec une caducité foliaire moins marquée où les jeunes feuilles remplacent les vieilles de manière continue. Il est savoir que la réserve de Yoko est une forêt pluri- strate à canopée surplombée d'essences de grande taille pouvant atteindre plus de 40 mètres de hauteur.

On n'y rencontre des peuplements à *Gilbertiodendron dewevrei* qui forment des îlots quelque peu étendus au nord et des vastes peuplements de cette espèce au sud de cette réserve. Une grande partie de cette réserve est aussi couverte par la forêt mixte où domine l'espèce scorodophloeus zenkeri.

Ces espèces font partie de la florule de la réserve, telles que :

- *Entandrophragma spp*,
- *pericopsis elata*,
- *Tessmannia Africana*,
- *Irvingia grandifolia*
- *Strombosia grandifolia*,
- *Petersianthus macrocarpus*,
- *Scaphopetalum thoneri*
- *Microdesmis yafungana*, *Cola bruneeli*
- *Scorodophloeus zenkeri*
- *Guarea spp*

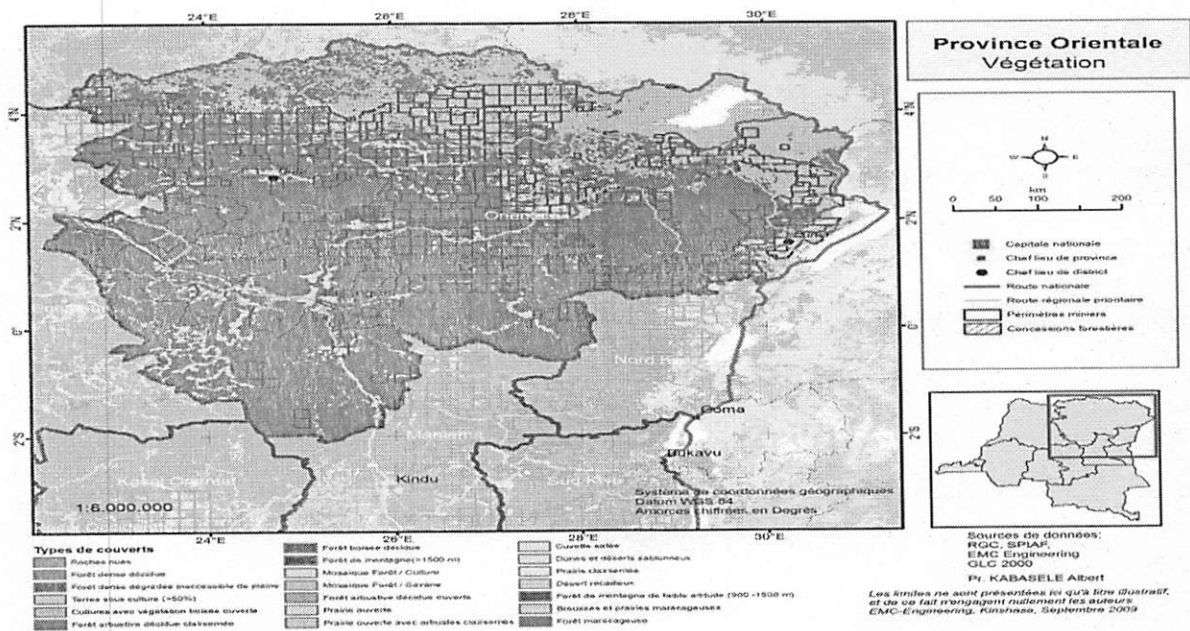


Figure 9. Carte du couvert végétatif de la Province Orientale

Province Orientale	District	Aires en Ha	Hectare	Méga-Carbone
Province Orientale	Tshopo	Forêts dense inaccessible de plaine	16868480	16082
Province Orientale	Tshopo	Forêts de montagne de faible altitude (900-1500 m)	452439	857
Province Orientale	Tshopo	Forêts de montagne (>1500 m)	0	117
Province Orientale	Tshopo	Forêts marécageuses	2340	1000
Province Orientale	Tshopo	Mosaïques Forêts / cultures	2456244	1945
Province Orientale	Tshopo	Mosaïques Forêts / savanes	1179	3059
Province Orientale	Tshopo	Forêts à feuillage caduc (fermées/inaccessibles)	81	1625
Province Orientale	Tshopo	Forêts boisées à feuillage caduc	0	1625
Province Orientale	Tshopo	Forêts arbustives à feuillage caduc avec arbres clairsemés	0	760
Province Orientale	Tshopo	Forêts arbustives à feuillage caduc (ouvertes)	0	1812
Province Orientale	Tshopo	Prairie (fermée)	0	760
Province Orientale	Tshopo	Prairie ouverte avec arbustes clairsemés	0	1812
Province Orientale	Tshopo	Prairie ouverte	0	760
Province Orientale	Tshopo	Prairie clairsemée	0	760
Province Orientale	Tshopo	Brousses and prairies marécageuses	0	760
Province Orientale	Tshopo	Cultures (>50%)	3168	3059
Province Orientale	Tshopo	Cultures avec végétation boisée ouverte	0	1945
Province Orientale	Tshopo	Dunes et désert sablonneux	0	0
Province Orientale	Tshopo	Rôches, Villes, butimes	263979	0
Province Orientale	Tshopo	roches nues	0	0

Tableau 3. Tableau d'occupation des sols de la Province Orientale/ Tshopo

## II.6. SOLS & HYDROGRAPHIE

Les sols de la réserve forestière de Yoko semblable à celle des forêts tropicales est du type des sols ferrallitiques des plateaux du type Yangambi. Ces sols étant relativement homogène et plate dans sa superficie, mais entaillé des petites vallées où coulent des ruisseaux vers la rivière Biaro limitant la réserve, de fortes pentes et sont caractérisés par une faible teneur en bases échangeables (minéraux primaires), ayant une bonne stabilité des agrégats (bonne structure, inférieur à 3 méq/100g de terre sèche (TS), un faible taux de saturation en bases, un pH acide, capacité de rétention d'eau faible) et un sol de couleur rouge ocre ou rouge jaune avec une texture sablo-argileux dans l'horizon de surface et argilo-limono-sableux en profondeur.

Le sol hydromorphe le long des cours d'eau et la terre ferme sur terrain plat et pentes raides, garni d'une bonne couche de litière diversement décomposée. Il est à savoir que la région de Kisangani est située sur le rebord oriental couvrant la cuvette congolaise.

## II.7. ACTIONS ANTHROPIQUES

A ce jour, la réserve forestière de Yoko est menacée par des activités anthropiques. Outre l'explosion démographique qui est à la base d'augmentation des besoins en produits vivriers et en énergie domestique, il est à signaler que l'instabilité politique qui a élu domicile en RD. Congo en général et dans la province orientale en particulier à partir de 1996, a donné lieu à l'exploitation désordonnée et utilisations non rationnelles des ressources naturelles de la région. Cette situation n'a pas épargné la réserve forestière de Yoko, car la population vivant autour de la réserve pratique des activités qui ont impact sur l'écologie de cet écosystème telles que :

- ❖ l'agriculture itinérante, l'élevage, la chasse,
- ❖ la pêche, l'exploitation des bois de chauffe et du charbon de bois,
- ❖ l'exploitation des divers *Marantaceae* (utile comme lanières dans le tissage des nattes, l'alimentation),
- ❖ l'alimentation & la confection des toits de cases (emballage et cuisson des aliments), - des diverses espèces des rotins (Lomba, 2007).

## **II.8. Activités FORESTIERES ET MINIERES**

Les vastes massifs forestiers du territoire d'Ubundu abritent quelques carrières de diamant soumises à une exploitation artisanale et subissent deux principales formes d'exploitation. Sur le plan industriel, on trouve deux grandes entreprises d'exploitation forestière :

BEGO-CONGO et La Compagnie Forestière de Transformation (CFT), sur le plan artisanal, la réserve n'échappe pas aux sciages des bois par les exploitants artisanaux qui exploitent les essences forestières.

## **II.9. AGRICULTURE**

Le système dans la production agricole est purement une exploitation traditionnelle caractérisé par une agriculture itinérante sur brulis sur de faibles superficies, le manque des intrants, des outils et procédés rudimentaires.

Les travaux agricoles étant un facteur économique de base subdivisé en travaux pré-cultureux tels que la coupe de sous-bois, incinération, abattage de la forêt et les semis ainsi la production.

Voici quelques cultures vivrières : le palmier à huile, le maïs, le haricot, la banane plantain, l'hévéa, la patate douce, la tomate, l'amarante, etc

## **II.10. PÊCHE ET ÉLEVAGE**

Le domaine de la pêche est essentiellement traditionnel et individuel. Le secteur de l'élevage, plusieurs cheptels est organisés suivant le système traditionnel. Voici quelques espèces : les porcins, les volailles, les caprins

## **II.11. FAUNE**

La faune de la réserve de Yoko est fortement dégradée, on y trouve de Potamochère (*Potamochoerus porcus*), une faune aviaire diversifiée allant de Colibris aux pintades commune (*Numida mileagris*), la tortue (*Kinixys erasa*) ainsi quelques petits mammifères (Chauve-souris, rongeurs, nusaraignes).

## CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

### III. MATERIELS UTILISES

#### III.1 Equipement de terrain

La réserve de Yoko étant le site approprié pour la matérialisation de notre travail (mémoire), il était important pour nous de se rendre sur le lieu moyennant quelques instruments pour récolter les données relatives à ce travail, nous avons utilisés le matériel ci-dessous :

- Un carnet de terrain pour la prise des données
- Des machettes pour l'ouverture des layons
- Un GPS pour marquer le point
- Des jambiers
- La boussole
- Ordinateur pour l'analyse des coordonnées géographiques
- Une moto, nous permettant de nous rendre dans le site
- Un appareil photographique version numérique
- Questionnaire d'enquête
- Un penta décammètres de 50 m pour la délimitation du dispositif.

#### III.2. Source des données

Les données proviennent de deux images satellitaires multi spectrales. LANDSAT Thematic Mapper <sup>TM</sup> orthorectifiées a été l'outil utilisé comme image dans notre aire d'étude, grâce à l'Unité SIG-Téledétection (120m IRT TM6) à l'UNIKIS particulièrement dans la faculté des sciences agronomiques avec format numérique ainsi que des cartes analogiques préexistantes.

Selon le système de référence Mondial Landsat, l'aire d'étude est imagée suivant le path 176 e le row 064. Le traitement des images à l'aide de l'ordinateur par utilisation de la composition colorée 3.4.5 au sein du laboratoire cartographique pour l'obtention détailler de la végétation et la couverture du sol. Les logiciels SIG (Argis 9.2 et ENVI) nous ont servis pour l'analyse et l'interprétation des résultats.



### III.3. Renseignements bibliographiques

Les renseignements bibliographiques étant une connaissance codée susceptible d'être transmise et conservée; consistera à l'exploiter les ouvrages divers, de sites web et des interviews de certaines personnes en vue d'obtenir des informations permettant la réalisation des objectifs assignés.

### III.4. METHODES DE TERRAIN

Pour réaliser notre étude, nous avons fait des approches vers la population (guide forestier) à l'aide des questionnaires d'enquête enfin de mieux faire la prospection dans le différent type de dispositif expérimental à l'intérieur de la forêt ou réserve forestière de la Yoko (forêt primaire, forêt secondaire, forêt mixte, forêt dégradée...). La réserve forestière de Yoko porte de richesse floristique, définie par « Fournier & Sasson (1983) », la richesse floristique étant le nombre total d'espèces présentes sur une surface donnée, quelque que soit la taille des individus.

Ensuite, nous avons cadré les 3 parcelles de 100m x 100m dans la forêt primaire de la réserve forestière de Yoko dont l'un se situe à 34Km, subdivisé en placette de 25m x25m ou 50m x50m à l'aide du GPS enfin de l'obtention de coordonnées cartographiques (latitude, longitude...).

### III.5. TYPE DES METHODES

Quelques méthodes sont fiables en raison réelle des changements rapides et complexes de surface de la terre, tel que :

- Méthode algébrique : on voit l'algorithme algébrique (soustraction & division), qui est le seuil d'identification de la zone de changement.
- Méthode de classification : on effectue la comparaison de post-classification, l'analyse spectrale & multi-date et la détection d'un changement non dirigé.
- Méthode d'interprétation : incorporer les connaissances dans l'analyse.
- Approche SIG : utilise de données des différentes sources (cartes topographiques & thématiques)

De nombreuses méthodes ont été présentées pour la détection des changements de l'occupation des terres. Les méthodes évoluent rapidement et de nouvelles méthodes sont développées pour répondre au besoin réel des changements rapides et complexes de la surface de la Terre.

La méthodologie retenue repose sur une méthode de détection des changements communément utilisée qui consiste à classifier les images de télédétection acquises à des dates différentes au-dessus d'un même territoire et à comparer les résultats pour en extraire les changements. Les avantages de cette méthode sont qu'elle permet d'obtenir un portrait complet de la région d'étude à des dates différentes et d'identifier non seulement tous les pixels qui ont changé d'état entre les deux dates, mais aussi la nature de ces changements.

Selon Desclée, 2006 la méthodologie de la cartographie de l'occupation du sol comprend les quatre étapes décrites dans cette section: le prétraitement des données, la stratification, la classification, et l'évaluation.

### **III.6. APPROCHE METHODOLOGIE**

La méthodologie utilisée pour entreprendre cette étude présente trois étapes fondamentales :

1. Récolte des données bibliographiques en vue de déterminer la zone d'étude, de choisir la classification des images à utiliser.

2. La science Cartographique numérique par les logiciels du SIG, comprenant la transformation, le traitement des données satellitaires servant à présentation des cartes thématiques, leur visualisation et leur habillage. Les étapes successives sont : interprétation de l'image récente suivie de celle de l'image ancienne superposée des résultats et interprétations en vue de dégager les zones de changements.

3. Analyser les résultats qui comprennent : la distribution et l'évaluation des surfaces pratiques du dynamisme végétal du sol, estimer le taux des dégradations de ressource forestière et quantifier la vitesse de la dégradation de ressource forestière du à l'apport de la population.

### III.7. INDICE DU PAYSAGE ET ANALYSE DE LA DYNAMIQUE

Cet indice permet d'obtenir les rapports entre le processus socio-écologique et la configuration du paysage car sa structure est décrite en terme quantifiables grâce à Land Scape metrics. L'emploi de plusieurs indices caractérisent la structure spatiale sur de mesure étant souvent un indicateur d'impact humain sur la morphologie du paysage.

La dynamique est le résultat du processus complexe à grande importance pour les organismes vivant et humaine car les perturbations sont le moteur de la dynamique du paysage, agissant à l'échelle spatiale et temporelle; il est à savoir que la dynamique est décrit du au changement dans le temps et des indices structurelles du paysage (Mikwa, 2011).

### III.8. LA TELEDETECTION, APPORT DE L'IMAGERIE SATELLITALE

L'imagerie satellitaire est rapide, précise et économique, elle est dans un système d'information géographique (SIG), un système de traitement d'image cartographique par sa forme numérique pouvant traiter, manipulée pour en extraire de subtils détails.

Grace au capteur électro-optique, l'imagerie peut analyser, apporter la caractéristique environnementale, culturelle et gestion des ressources naturelles, sont effectives grâce à l'utilisation de la télédétection, en voici quelques avantages :

- ❖ L'influence de l'observateur est évitée à cause de la grande distance séparant le capteur et l'objet.
- ❖ Les mesurages effectives à grandes échelles (régionale) est effectives et de façon répétée.
- ❖ la variabilité de donnée obtenue grâce à la grande gamme des bandes spectrales et des capteurs. La télédétection fait l'approche du paysage à grande échelle et dimensionne le spectre spatiale dans le site ou il ya manque d'information géographique.
- ❖ La description et la différenciation spatiale sont visibles grâce à la donnée satellitaire qui évalue les dynamiques d'occupation & la mise en évidence de processus spatiaux, temporels et différents types d'usage de sol.

La République Démocratique du Congo (RDC) est un vaste pays, situé au cœur de l'Afrique, couvert en grande partie par la forêt. Elle couvre 155,5 millions d'hectare (dont 99 millions d'hectares de forêt dense humide), soit 67% du territoire national, soit 10% des forêts mondiales et près de 50% des forêts tropicales d'Afrique dont la moitié en forêt et l'autre moitié en forêt claire & savane arborée. (Kondjo,2006)

C'est le deuxième massif forestier tropical dans le monde après l'Amazonie, cinquième au rang mondial du point de vue de la diversité faunique et floristique (comme le plus riche centre endémisme et en biodiversité dans l'Afrique tropical).

La télédétection satellitaire s'avère un outil efficace pour la cartographie et le suivi de la végétation en Afrique Centrale. C'est ainsi que nous comptons utiliser les outils de cette discipline pour évaluer la dégradation dans la région forestière de Yoko. Plusieurs méthodes ont été proposées dans ce mémoire, nous avons jugé utile d'utiliser la méthode algébrique et d'information SIG pour arriver à produire les cartes d'occupation du sol de la zone d'étude considérée ; après obtention de la carte, nous utiliserons les indices des structures spatiales qui nous permettront d'évaluer la dynamique d'occupation du sol afin de quantifier le taux de déforestation (dégradation) et la fragmentation socio-écologique du paysage considéré.

### **III.9. Numérisation cartographique**

Les enregistrements satellites en format numérique disponible favorise l'analyse à l'ordinateur, pour cause la finalisation de l'analyse des images numériques s'effectue suivant deux(2) opérations : *la classification et le rehaussement*

#### **III.9.1. Rehaussement**

La fonction de rehaussement permet à améliorer l'apparence de l'image en vue de faciliter l'analyse. Devant une image brute, les renseignements appropriés peuvent se contenir dans un lot restreint de chiffres numérisés dans un intervalle des 8 bits pour TM (valeurs disponibles). Le contraste amélioré permet d'allonger les valeurs suivant la possibilité des niveaux, c'est-à-dire les changements de valeur initiale de manière à utiliser les valeurs possibles par manipulation distributif du niveau d'intensité de l'image. Suivant le genre de rehaussement, nous en proposons pour de fin utilitaire :

#### a. Rehaussement linéaire du contraste

Ce genre d'allongement des valeurs de manière linéaire. Cette méthode augmente le contraste dans l'image en diminuant de plus en plus les sites plus clairs et en assombrissant de plus en plus les sites plus foncés.

#### b. Allongement pondéré de l'histogramme

Ce genre augmente les détails du site en limitant des intervalles de valeur plus grande dans les portions de l'histogramme suivant les valeurs d'intensité à fréquence élevée.

#### c. Filtre directionnel

Ce filtre rehausse les caractéristiques linéaires d'une image telle que la rivière et le route. En cela, la numérisation des éléments linéaires de l'image sont faite sans difficulté.

### III.9.2. CLASSIFICATION

Dans le cadre de notre mémoire, Pour une meilleure gestion des ressources et une meilleure planification classifiée, il est essentiel de connaître l'utilisation des terres par l'entremise du terme couverture du sol se rapportant au type de matériau se trouvant sur la surface de la terre : un champ de maïs, l'asphalte, le béton, l'eau sont tous de type de couverture du sol.

Le terme utilisation des terres se rapporte à l'activité humaine ou à la fonction économique associée à une portion spécifique du terrain. L'USGS a divisé la couverture et l'utilisation des terres en classes. En rapport avec cette étude, on a classifiée en 8 classes, dont 4 classes sont prise en compte à savoir :

- *Terrain Urbain : portion de terre dont la surface est couverte par des infrastructures.*
- *\*Terrain Agricole : portion de terre affectée à la production des aliments et des fibres.*
- *Terre Humide : portion de terrain (nappe phréatique) couvrant une surface suivant période de l'année.*
- *\*Terre Forestière : portion de terre dont la densité de la couverture est de 10% ayant des arbres à exploiter (grume ou produit forestiers). « Forêt primaire & secondaire ».*
- *Terre Aride : surface ayant de faible capacité à supporter des êtres vivant, occupée par la végétation. \*Jachère : état d'une terre labourée, non ensemencée (laisser en repos)*
- *Zone non déterminée : partie de terre hors champs de la couverture spatiale.*
- *Eau : comprend la rivière, lacs, réservoirs, les canaux.*

Le logiciel ENVI donne la possibilité d'effectuer deux types de classifications : la non supervisée (sera utile pour notre mémoire) et la supervisée. La classification non supervisée est effectuée à l'aide de l'outil « ISODATA »; car elle détermine le nombre de classe et le nombre d'itération.

On regroupe les pixels portant une caractéristique spectrale commune en suivant la procédure d'accès au logiciel :

### *Classification – Unsupervised – ISODATA.*

Il est à savoir que les superficies (en Km ou Km<sup>2</sup>) de différentes classes ayant fait l'objet de la classification ont été générées automatiquement sur le logiciel ENVI, ensuite traduit en pourcentage (%) pour une meilleure évaluation des valeurs comparés à celle de l'étendue totale équivalant à 100 %.

### **III.10. Habillage et mise en page**

L'habillage permet la préparation du projet pour sa présentation en harmonie des couleurs, polices des textes en y ajoutant aussi les éléments constitutifs de la carte (des échelles, orientations, légendes, titres, et le fond cartographique grâce à la manipulation ou l'utilisation du logiciel ArcGis 9.2

### **III.11. Matrice de confusion**

L'estimation de la qualité de la classification a été faite par le biais d'une matrice de confusion (Godard, 2005). À partir de cette matrice, la qualité de l'utilisateur ou le taux de pixels bien classés de la classe i ( $P_u(i)$ ) a été déterminée avec l'équation 1 :

$$P_u(i) = \frac{M_c(i)}{m_1} \times 100 \text{ (équation 1)}$$

dans l'image.

Où  $M_c(i)$  est le nombre de pixels de la classe i ayant effectivement été affectés à celle-ci après classification et  $m_1$  la somme des pixels de la classe i

La précision du producteur  $P_p(i)$  a été obtenue suivant l'équation 2 :

$$P_p(i) = \frac{M_c(i)}{m_2} \times 100 \text{ (équation 2)}$$

la classe i.

Où  $m_2$  est le nombre de pixels appartenant effectivement à

Une valeur élevée de  $Pp(i)$  indique que la classe a été peu affectée par les échantillons des autres classes. À l'inverse, un taux faible indique que cette classe a souvent été choisie à la place d'autres classes.

### III.12 Matrice de transition des classes d'occupation du sol

La matrice de transition permet de mettre en évidence les changements d'occupation du sol pendant une période donnée (Schlaepfer, 2002; Bamba *et al.*, 2008). Les cellules de la matrice contiennent la valeur d'une variable ayant passé d'une classe initiale  $i$  à une classe finale  $j$  pendant la période considérée. Les valeurs des colonnes représentent les proportions des aires occupées par chaque classe d'occupation du sol au temps  $j$  et celles des lignes, au temps initial  $i$ .

### III.13. La dimension fractale

La dimension fractale est une mesure de la façon dont la fractale occupe l'espace la dimension fractale des frontières de ces agrégats peut être calculée à partir des estimations de périmètre et d'aire, en partant de la relation suivante :

$$p_{ij} = K \cdot a_{ij}^{Df_j/2},$$

Où  $K$  est un constant appelé facteur de graduation reliant  $a_{ij}$  à  $p_{ij}$  et  $Df_j$  est la dimension fractale de la classe  $j$ . Ce qui donne alors

$$\log p_{ij} = \log K + (Df_j / 2) \cdot \log a_{ij}, \quad (Y = A + B X)$$

Donc la dimension fractale peut être considérée comme étant le double de la pente de la courbe qui décrit la relation entre  $\log p_{ij}$  et  $\log a_{ij}$ . En d'autres termes cela revient donc à estimer périmètre et aire de chaque tache de la classe à une échelle donnée et à représenter ces valeurs en coordonnées logarithmiques.

La pente de la régression entre aires et périmètres correspondants est une estimation de la moitié de  $Df_j$ . La régression devra être significative. La dimension fractale (notée  $D$ ) est considérée comme une mesure de complexité du paysage (Kenkel, 1996).

Cette valeur varie entre ( $Df \approx 1$ ) les paysages fortement anthropisés ( $D \approx 1$ ) et les paysages tout à fait naturels, sans impact humains notables ( $D \approx 2$ ),  $Df = 2B$  Avec  $Df$  la dimension fractale,  $B$  la pente de la droite,  $K$  le facteur de graduation  $k$  reliant  $A$  à  $P$ .

### III.15. Evaluation de dégradation de la végétation

La dégradation a été évaluée à partir du logiciel Arc view 3.3 au laboratoire SIG de la Faculté de Science sur les images landsats- TM de 1984 et 2010. Comme les trois images landsats- TM (1984 et 2010) en notre possession sont de même projection (type : UTM, catégorie : UTM et zone 34 Sud), nous avons procédé premièrement à l'interprétation de l'image dite récente (2010) en suivant les normes de stratifications en vigueur afin de ressortir l'occupation du sol. Enfin pour évaluer le niveau de dégradation entre cet intervalle d'années, la couche de l'interprétation faite sur l'image de 2010 a été superposée à l'image de 1984 afin de dégager le changement.

### III.16. L'Analyse des données

Pour analyser les données collectées, des calculs statistiques de moyenne ont été réalisés par le logiciel Excel 2003 et Access 2003. Le logiciel Arc View 3.3, nous a aidés pour l'élaboration de différentes cartes thématiques.

### III.17. LES SUPERFICIES

Les superficies (en km<sup>2</sup>) de différentes classes ayant fait l'objet de la classification ont été générées automatiquement sur Envi, ensuite elles ont été exprimées en pourcentage (%) afin de mieux évaluer ces valeurs par rapport à celles de l'étendue totale correspondant à 100 %.

### III.18. TAUX ANNUEL DE DEGRADATION

Le taux annuel de dégradation est le pourcentage que perd la forêt chaque année dans un territoire forestier bien explicité. Ce taux a été calculé comme suit : la superficie des forêts de la région forestière de Yoko perdue en 2010 sur la superficie totale des forêts qu'occupait la région forestière de Yoko en 1984 multiplié par 100 sur 20 qui est l'intervalle d'années entre 1984 et 2010.

$$\text{Taux Annuel} = \frac{\text{Superficie total des forêts de la réserve de Yoko perdue en 2010}}{\frac{\text{superficie totale des forêts qu'occupait la réserve de Yoko en 1990}}{26}} \times 100$$

$$T = \frac{(\ln S_2 - \ln S_1)}{t \ln e} \times 100$$

Equation (1) où : t est le nombre d'années d'évolution ;  
ln le logarithme népérien ; e la base des logarithmes népériens (e = 2,71828) et S la superficie.



### III. 14. Analyse de la structure spatiale du paysage

#### III.14. 1. Indices de structure spatiale

Le nombre des taches ( $n_j$ ) appartenant à une classe donnée  $j$  a été déterminé. Le changement de cet indice renseigne sur la fragmentation d'une classe entre deux périodes. L'augmentation du nombre de taches d'une classe est supposée due à la fragmentation de cette classe (Davidson, 1998).

L'aire totale ( $a_j$ ) occupée par la classe  $j$  a été calculée suivant l'équation (1) où  $a_{ij}$  correspond à l'aire de la  $i^{\text{ème}}$  tâche de la classe  $j$  :

$$a_j = \sum_{i=1}^{n_j} a_{ij} \quad (1)$$

La valeur moyenne de l'aire des taches de la classe  $j$ ,  $\bar{a}_j$  a été calculée selon la formule suivante:

$$\bar{a}_j = \frac{a_j}{n_j} \quad (2)$$

L'aire maximale  $a_{\max,j}$ , c'est la plus grande aire des taches de la classe  $j$ , où  $a_{ij} \leq a_{\max,j}$ .

L'étendue de l'aire de la classe  $e_j(a)$

Elle se calcule suivant la formule :

$$e_j(a) = \frac{a_{\max,j} - a_{\min,j}}{a_{\max,j}} \times 100 \quad (3)$$

L'étendue indique la variabilité entre les aires extrêmes de la classe  $j$ . Elle varie entre 0 et 100. Cet indice est sans unité et se rapproche de 100 quand la variabilité entre les deux valeurs extrêmes est grande. Plus l'étendue est faible, plus les tailles sont homogènes entre les taches et est de 100 quand une seule tache.

La dominance  $D_j(a)$  indiquant la proportion d'aire occupée par la tache dominante dans la classe  $j$  a aussi été prise en compte:

$$D_j(a) = \frac{a_{\max,j}}{a_{ij}} \times 100, \text{ et}$$

$$0 < D_j(a) \leq 100.$$

Plus la valeur de la dominance est grande, moins la classe est fragmentée.

**La médiane  $Me(a)$**  est un nombre qui divise en deux parties l'échantillon, la population. Chaque partie contient le même nombre de valeurs. Contrairement à la moyenne, la valeur médiane permet d'atténuer l'influence perturbatrice des valeurs extrêmes enregistrées lors de circonstances exceptionnelles.

**La variance  $\sigma^2_j(a)$**  représente la moyenne des carrés des écarts à la moyenne. Elle permet de caractériser la dispersion des valeurs par rapport à la moyenne. Dans notre cas ici, elle nous situera sur l'hétérogénéité des taches dans la classe. Sa formule est

$$\sigma_j^2(a) = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} (a_{ij} - \bar{a}_j)^2. \quad (4)$$

**Le Coefficient de variation  $CV_j(a)$**  est un indicateur de dispersion. Il est égal au rapport de la racine carrée de la variance par la moyenne de la classe  $j$  :

$$CV_j(a) = \frac{\sqrt{\sigma_j^2(a)}}{\bar{a}_j}.$$

Plus la valeur du coefficient de variation est élevée, plus la dispersion autour de la moyenne est grande. Le coefficient de variation permet d'obtenir un indice général, indépendant des unités de mesure employées alors que la variance est un indice de dispersion sensible à la valeur moyenne et à l'unité de mesure utilisée.

La prise en compte de ce coefficient est très importante car donne plus d'informations que la moyenne des taches, analysée seule. En effet si deux classes possèdent la même valeur moyenne mais que la seconde a un coefficient de variation plus faible que première cela signifie que les taches de la seconde sont plus homogènes alors que la première a des taches à surfaces très variables.

## CHAPITRE IV : PRÉSENTATION DES RÉSULTATS ET DISCUSSION

Ces différentes méthodologies nous ont permis d'aboutir aux résultats développés ci-après.

### 4.1. RESULTATS

#### 4.1.1. Cartographie par télédétection de la région forestière de Yoko

Suite aux différents traitements, les cartes produites sont présentées dans les figures 36 et 37. On a constaté une variation dans la disposition et la constitution des différents éléments de la zone d'études dans l'ensemble. Sur la carte de 1984 (fig.36), la matrice est constituée par la classe forêt primaire comme classe dominante tandis qu'en 2010 (fig.37), c'est la classe forêt secondaire qui devient, la classe jachère a gardé la même architecture visuellement bien qu'il a une réduction de son état. L'observation comparée des cartes entre 1984 et 2010, on constate le changement de la structure générale du paysage, les matrices, les répartitions de tâche des classes ont également changé.

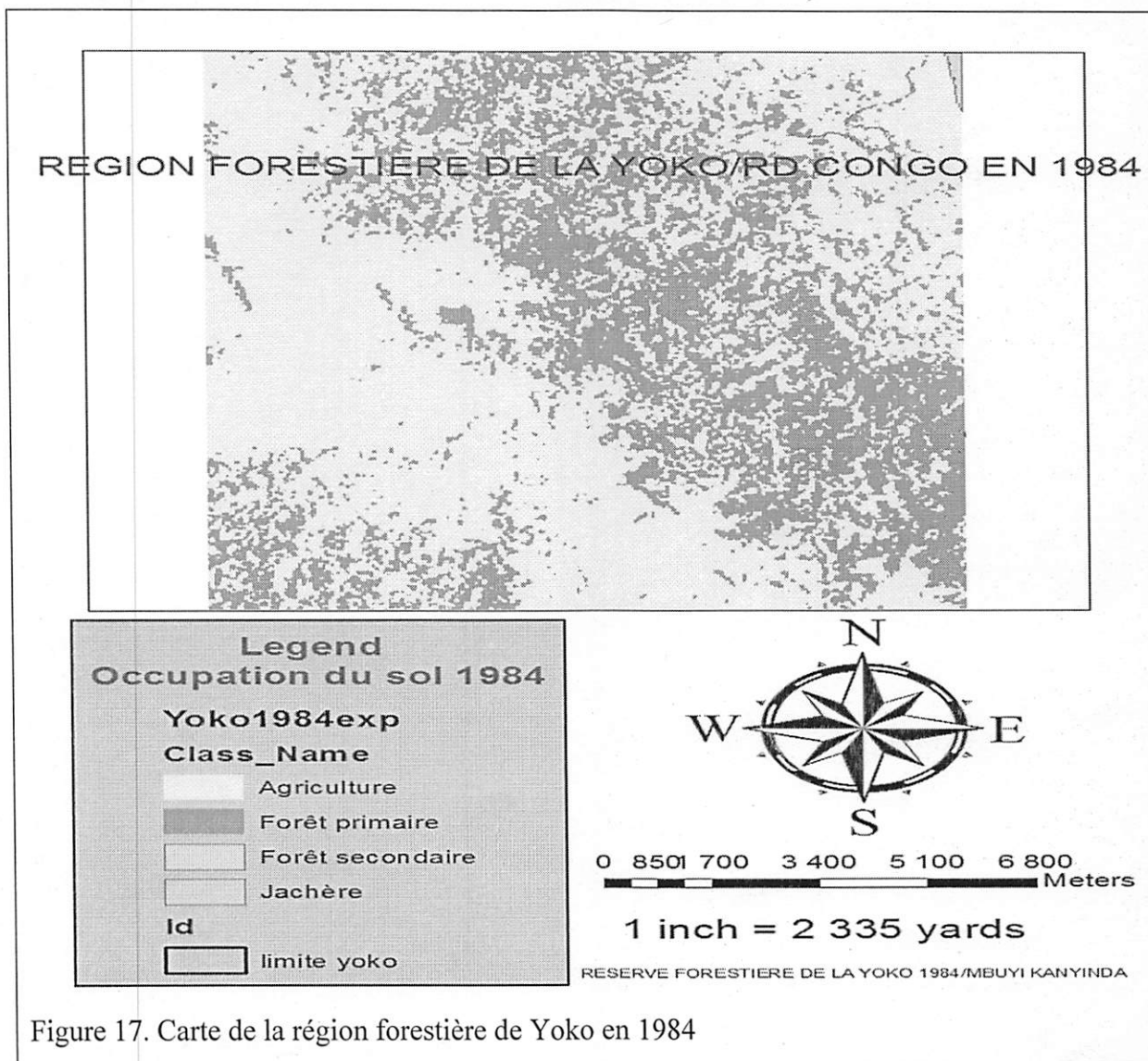
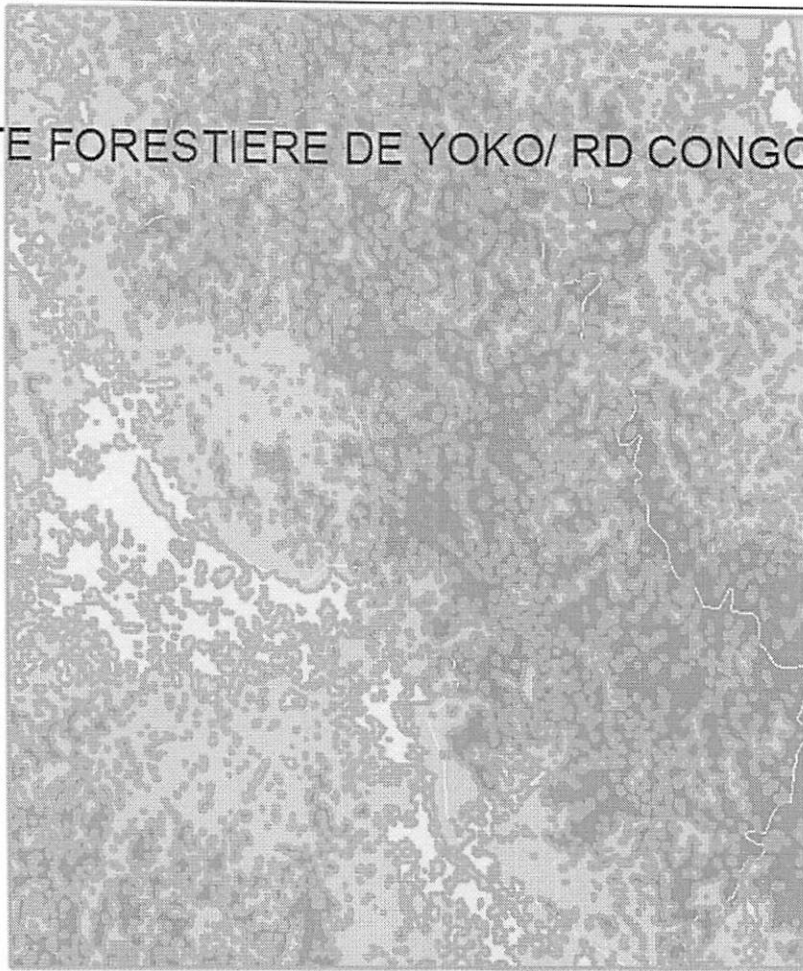


Figure 17. Carte de la région forestière de Yoko en 1984

# CARTE FORESTIERE DE YOKO/ RD CONGO 2010

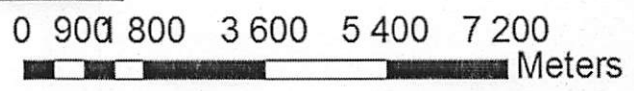


## Legend Occupation du sol en 2010

-  limites\_yoko
- Yoko2010vect**
- Class\_Name**
-  Agriculture
-  Forêt primaire
-  Forêt secondaire
-  Jachère



1 inch = 2 387 yards




CARTE DE LA REGION FORESTIERE DE LA YOKO/MBUYI KANYINDA

Figure 18. Carte de la région Forestière de la Yoko en 2010

# CARTE SPATIALE DE LA YOKO 2010/1984





## Legend


 limites\_yoko


### Yoko2010vect

**Class\_Name**

 Agriculture


 Forêt primaire


 Forêt secondaire


 Jachère


### Yoko1984exp

**Class\_Name**

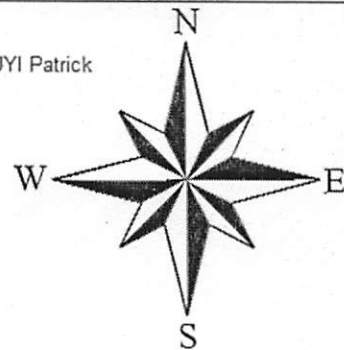
 Agriculture

 Forêt primaire

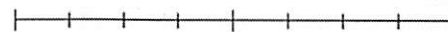
 Forêt secondaire

 Jachère

LABORATOIRE/ GIG MIKWA-MBUYI Patrick



0 1 600 3 200 6 400 Meters



1 centimeter = 841 meters

Figure: Carte de la région forestière de la Yoko superposée entre 1984 & 2010

## 4.2. ANALYSE DE CARTE PAR DES INDICE DE LA STRUCTURE SPATIALE

On distingue les paysages par les relations spatiales entre leurs éléments. La structure du paysage est caractérisée par sa composition et sa configuration. La configuration se réfère à la distribution et à l'arrangement des unités dans l'espace. L'apport maximal de la cartographie, la télédétection et aux systèmes d'information géographique « SIG » comme méthodologie appropriées dans la description de la structure du paysage de la région forestière de la Yoko.

### 4.2.1. Niveau des classes

#### a. Les résultats de calcul de nombres de tâche par classes d'occupation du sol entre 1984 & 2010

	Agriculture	Jachère	Forêt primaire	Forêt secondaire
1984	485	40	723	4
2010	410	145	651	905

Tableau 4. Tableau des nombres de tâche par classe d'occupation du sol

#### b. Evolution du Nombre des Individus par classe d'occupation du sol entre 1984 & 2010

	Agriculture	Jachère	Forêt primaire	Forêt secondaire
1984	1342	40	1389	4
2010	577	147	1549	1866

Tableau 5. Tableau des nombres Individus par classe d'occupation du sol

Il se dégage 4 principales classes (agriculture, jachère, forêt primaire et forêt secondaire) auquel se subdivisent en deux principaux groupes : le premier groupe est formé de 2 classes, agriculture & forêt primaire et un deuxième groupe, est constitué de jachère et forêt secondaire. Le plus grand nombre de tâches soit 723 s'observe pour la forêt primaire en 1984 et 905 pour la forêt secondaire en 2010.

En 1984, dans l'ensemble, la classe agriculture et forêt primaire, on observe un nombre élevé des individus au niveau des classes d'occupation du sol. Le nombre de tâches augmente de façon très flagrante entre 1984 et 2010. On remarque également que cette variation n'est pas spécifique à une seule classe d'occupation du sol. Néanmoins c'est la classe forêt secondaire qui se voit attribuer la faible valeur en tâche et individu en 1984. Quant à la classe forêt primaire, elle continue d'avoir le grand nombre de tâches.

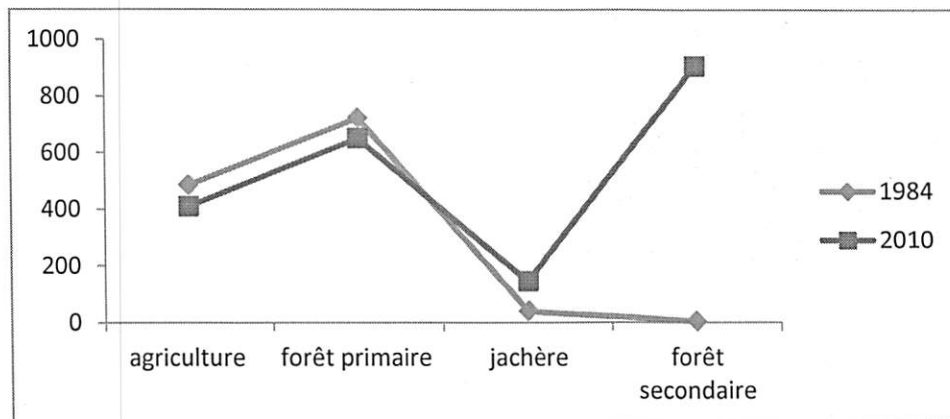


Figure 19. Evolution du nombre des tâches sous chaque classe

#### 4.3. Les Indices en rapport avec l'aire des classes d'occupation du sol

Dans le tableau 6, nous avons récapitulé les valeurs des statistiques concernant les mesures surfaciques des classes d'occupation du sol en 1984 et 2010. Le constat général qu'on fait est que les aires des classes ont considérablement changé entre 1984 et 2010

Tableau récapitulatif des statistiques des mesures des indices surfaciques en 1984 et 2010

	Agriculture	Jachère	Forêt primaire	Forêt secondaire
<b>1984</b>				
atj (ha)	11.168	39	5.454	0,45
$\alpha^{-j}$ (ha)	23,03	0,99	7,54	0,11
Me (a)	0,54	0,27	0,54	0,09
$\delta j^2$	1.564,78	333,43	1.906,24	34,64
$\delta$	39,56	18,26	43,66	5,89
Cvj (a)	360	3,3	143,8	0,04
<b>2010</b>				
atj (ha)	1.794	346,32	6.498	8.005
$\alpha^{-j}$ (ha)	4,4	2,39	9,98	8,85
Me (a)	0,36	0,81	0,45	0,54
$\delta j^2$	1.114,39	210,97	1.892,99	1.484,67
$\delta$	33,38	14,52	43,51	38,53
Cvj (a)	48,89	5,03	188,95	131,33

Tableau 6. Tableau récapitulatif des résultats de l'indice surfacique.

On observe qu'en 1984, c'est la classe agriculture qui a la superficie la plus grande, suivie de la classe forêt primaire puis la classe jachère. En 2010, c'est la classe forêt secondaire qui détient la superficie la plus élevée suivie de la forêt primaire puis la classe l'agriculture. Nous observons un accroissement évolutif par l'aire de la classe forêt primaire. Les valeurs moyennes des aires sont différentes d'une classe à l'autre dans la même année mais aussi d'une période à l'autre entre 1984 et 2010. Ces valeurs suivent la même courbe que celle de la surface entre le deux années. La distribution des tâches des classes diffèrent les unes des autres.

#### 4.4. Indice en rapport avec les valeurs extrêmes des aires, de l'étendue, de la dominance de classe d'occupation du sol

	Agriculture	Jachère	Forêt primaire	Forêt secondaire
<b>1984</b>				
<b>Amax (Km<sup>2</sup>)</b>	74788200	214200	38641500	1800
<b>Amin (Km<sup>2</sup>)</b>	900	900	900	900
<b>E ij (%)</b>	99,99	99,58	99,997	50
<b>Dj (%)</b>	66,97	53,97	70,8	40
<b>2010</b>				
<b>Amax (Km<sup>2</sup>)</b>	9564300	385200	48135600	37349100
<b>Amin (Km<sup>2</sup>)</b>	900	900	900	900
<b>E ij (%)</b>	99,99	99,77	99,77	99,97
<b>Dj (%)</b>	34,54	34,54	11,13	46,7

Tableau 7. Tableau d'indice des aires d'occupation des sols

Nous calculons pour chaque classe : les valeurs extrêmes de tâches, l'étendue de tâches maximales, la dominance. Nous avons regroupé les résultats obtenus dans les tableaux. On remarque une grande variabilité entre les tailles de tâches extrêmes pour les deux groupes des classes observées : dans le premier groupe la tâche la plus grande dépasse la distance de 74788200, et elle est observée dans la classe agriculture et le deuxième groupe est inférieur à la distance de 1800 en 1984 et en 2010 la classe forêt primaire est plus grande et la classe jachère détiens la plus petite distance.



#### 4.5. Indice en rapport avec les valeurs extrêmes des périmètres, de l'étendue, de la dominance de classes d'occupation du sol

	Agriculture	Jachère	Forêt primaire	Forêt secondaire
<b>1984</b>				
<b>P max (Km&amp;Km<sup>2</sup>)</b>	55,3260	0,3480	72,0600	0,180
<b>P min (Km&amp;Km<sup>2</sup>)</b>	0,120	0,120	0,120	0,120
<b>E (%)</b>	99,98	96,55	99,98	33,33
<b>D (%)</b>	42,57	20,86	56,06	33,33
<b>Pj (%)</b>	0,13	3,17	54,8	0,01
<b>2010</b>				
<b>P max (Km&amp;km<sup>2</sup>)</b>	14,4240	0,9300	76,8480	56,6880
<b>P min (Km&amp;Km<sup>2</sup>)</b>	0,120	0,120	0,120	0,120
<b>E (%)</b>	99,92	99,78	99,97	99,98
<b>D (%)</b>	8,47	8,47	58,44	34,83
<b>Pj (%)</b>	34,9	8,46	58,4	34,8

Tableau 8. Tableau d'indice des périmètres d'occupation des sols

Nous avons récapitulé les valeurs extrêmes de périmètres, l'étendue et la dominance dans le tableau . Les valeurs extrêmes de contour de tâches sont variables entre les classes, car elles vont de 0,180 Km<sup>2</sup> à 720,600 Km<sup>2</sup>. C'est la classe forêt primaire qui a le périmètre maximal le plus élevé soit 720,6 Km<sup>2</sup>. L'étendue des périmètres est grande dans presque toutes les classes, car elle est supérieure à 99,98% pour la forêt primaire & l'agriculture en 1984 et pour la forêt secondaire en 2010, par contre on observe des valeurs légèrement faibles sur l'étendue en 1984 pour la forêt secondaire; donc nous remarquons une grande occupation du sol sur une durée de 26 Ans.

#### 4.6. Variation du facteur de graduation dans la méthode d'estimation

Nombre de classe	Valeur de la pente	Valeur du facteur de forme k	Valeur de coefficient de régression	Dimension Fractale
Forêt secondaire 1984	0,9389	0	-0,425	1,8778
Jachère 1984	-6,042	15,764	1	-12,084
Forêt primaire 1984	6,7039	18,813	-6,161	13,4078
Agriculture 1984	6,7039	0	-6,161	13,4078
Forêt secondaire 2010	-4,3147	18,617	1	-8,6294
Jachère 2010	-5,759	17,365	1	-11,518
Forêt primaire 2010	-5,3101	19,399	1	-10,6202
Agriculture 2010	-5,4381	18,369	1	-10,8762

Tableau 9. Les valeurs de pente & du facteur de forme K et la régression

Nous observons des variations dans la valeur de pente, Df et du facteur de forme K entre 1984 & 2010 et la valeur de coefficient de régression est plus unitaire pour la majorité de classe sauf -0,425 pour la forêt secondaire 1984 et -6,161 pour l'agriculture & forêt primaire 1984.

#### 4.7. Taux de déforestation spatiale annuelle moyen

	Aire 1984 Ha	Proportion 1984 %	Aire 2010 Ha	Proportion 2010 %	T(%)
Agriculture	11.168	0,86	1.794	0,43	-0,07
Jachère	39,69	0,23	346	0,32	0,083
Forêt primaire	5454	0,42	6.498	0,494	0,0067
Forêt secondaire	0,45	0,08	8.005	0,492	0,376
<b>TOTAL</b>	16.662		16.643		<b>0,3957</b>

Tableau 10. Taux de déforestation spatiale annuelle entre 1984 et 2010

La lecture de ce tableau montre que la région forestière de la Yoko accuse un taux moyen de déforestation ou de dégradation de  $0,3957 \cong 0,4 \%$ .

#### 4.8. DIMENSION FRACTALE DES CLASSES

La dimension fractale Df ou D, utilise essentiellement le principe du rapport entre périmètre et la surface, et a été proposée par Mandelbrot (1977) dans le but de quantifier la forme d'objets complexes (Longulescu et Schlaepfer, 2002). Au niveau de classes, la dimension fractale s'obtient donc à partir de la régression de  $\ln P_y$  en fonction de  $\ln a_y$ . La valeur de la dimension fractale est donc le double de la valeur pente de la droite de régression obtenue. La représentation des graphiques  $\ln P_y - \ln a_y$  donnent la pente de la droite de régression qui est égale à  $Df/2$ .  $Y=A+Bx$ , A: pente & B: valeur de k et  $Df = 2P$

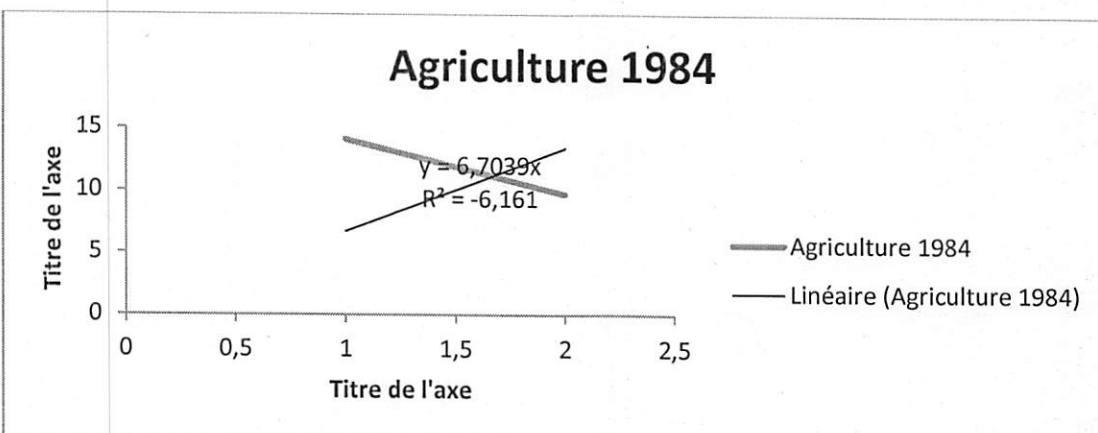
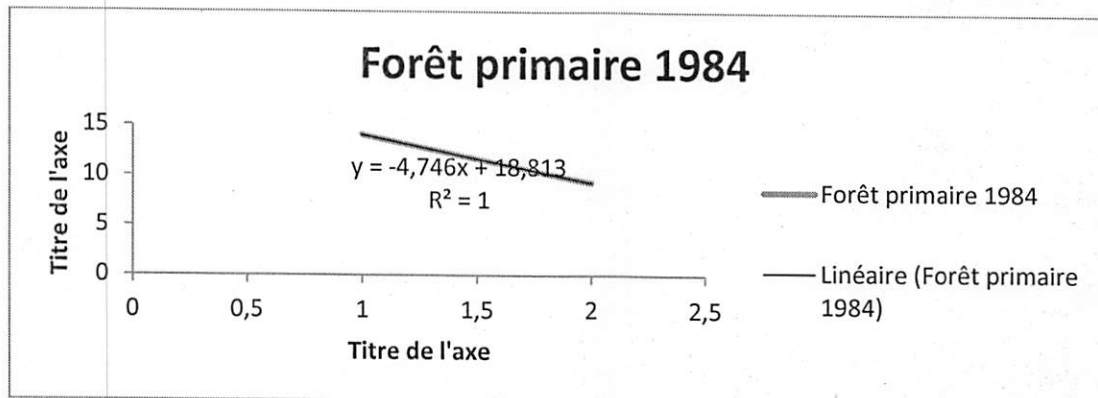
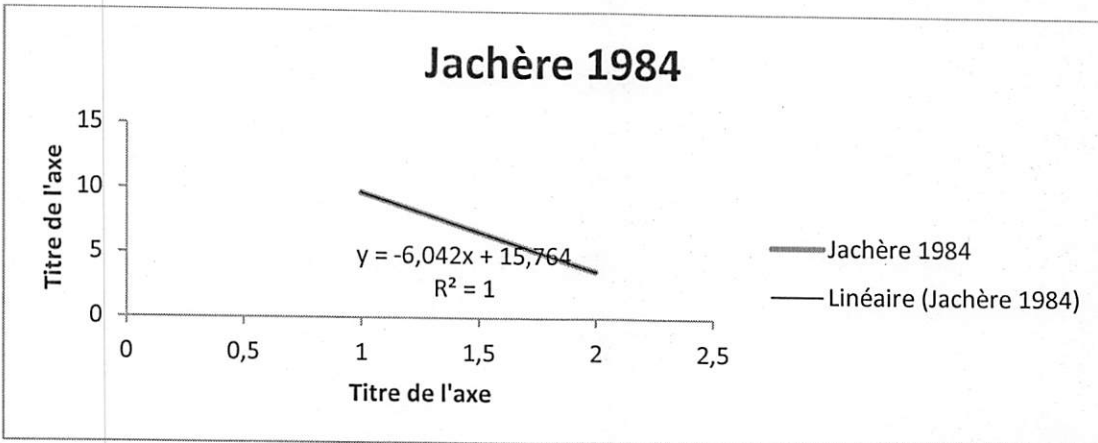
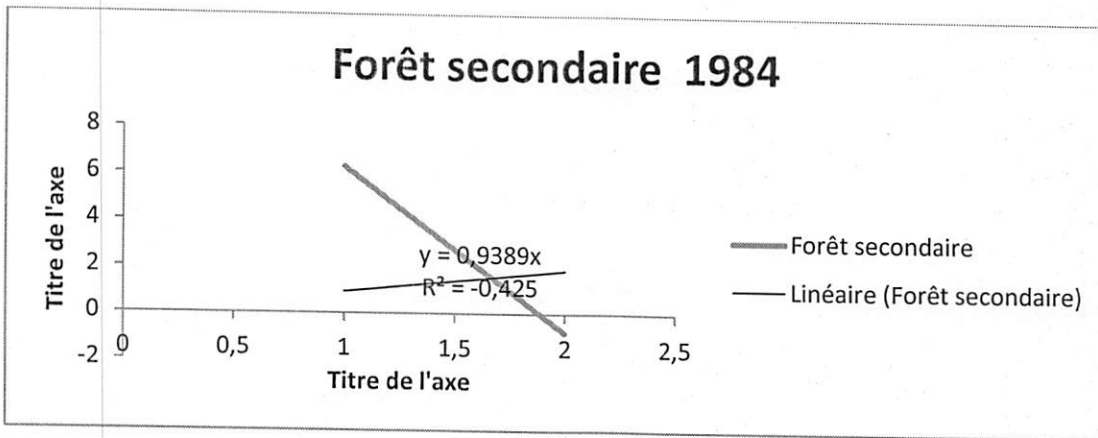


Figure 20. Droites de régression des logarithmes népériens des Périmètres en fonctions des logarithmes des aires des classes en 1984.

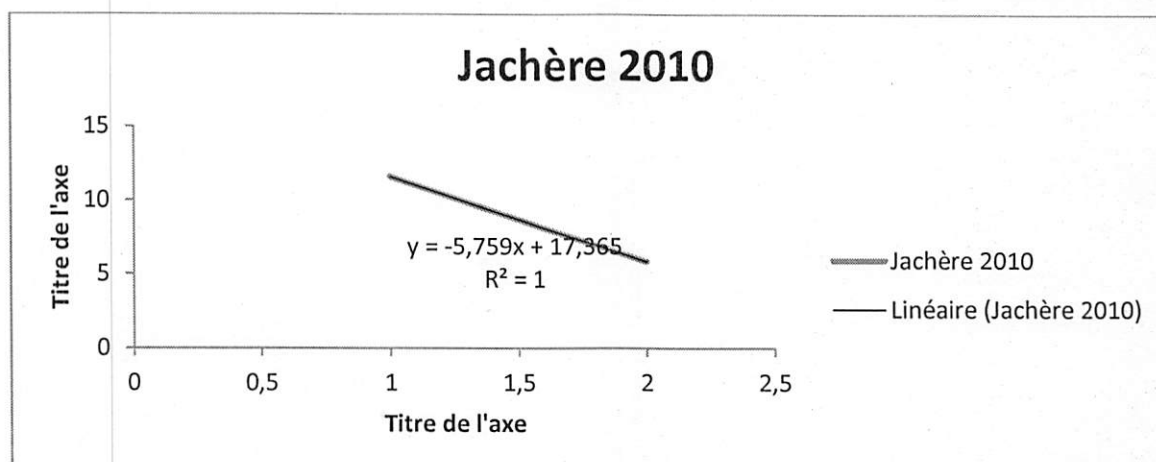
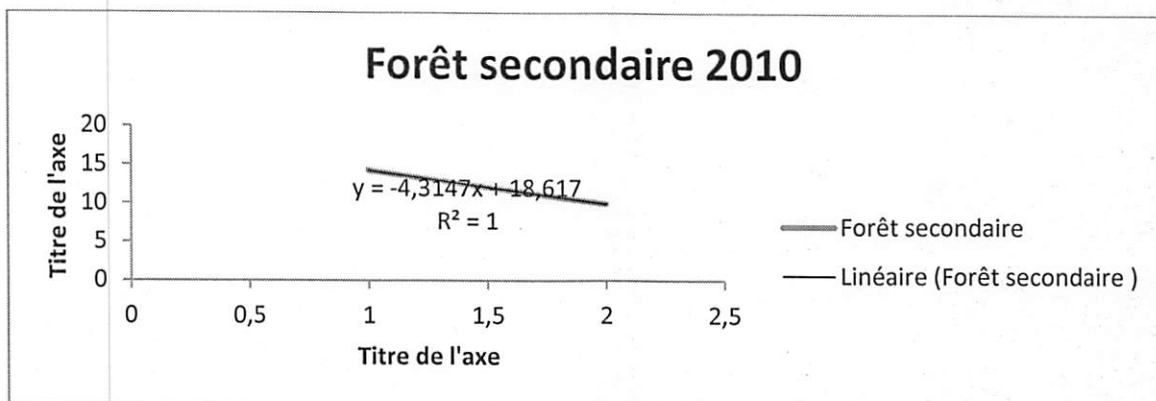
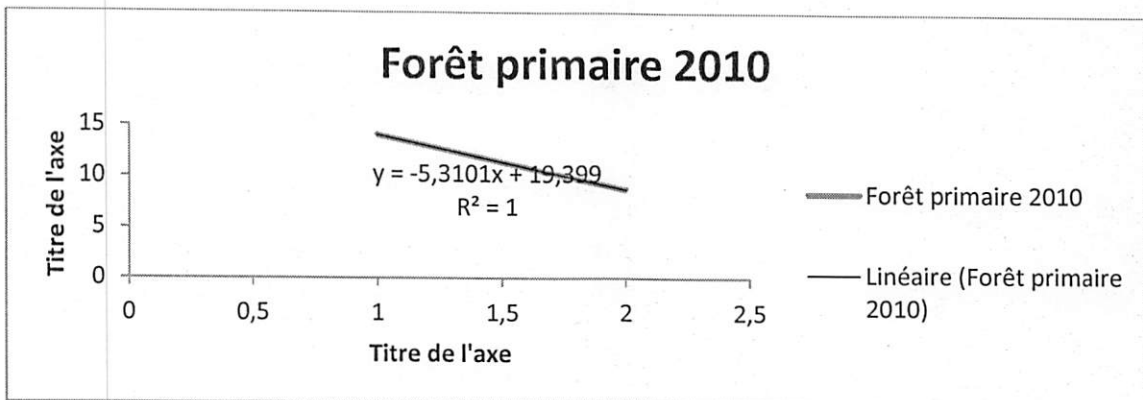
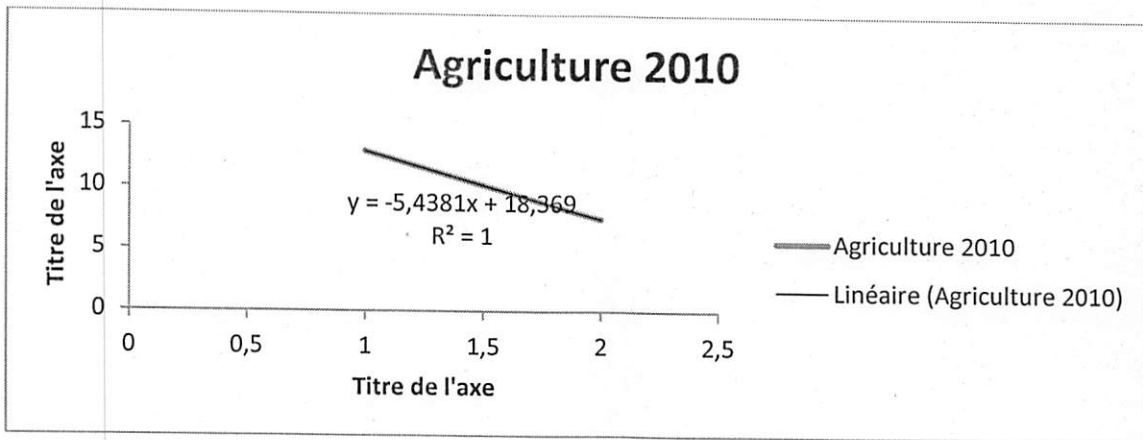
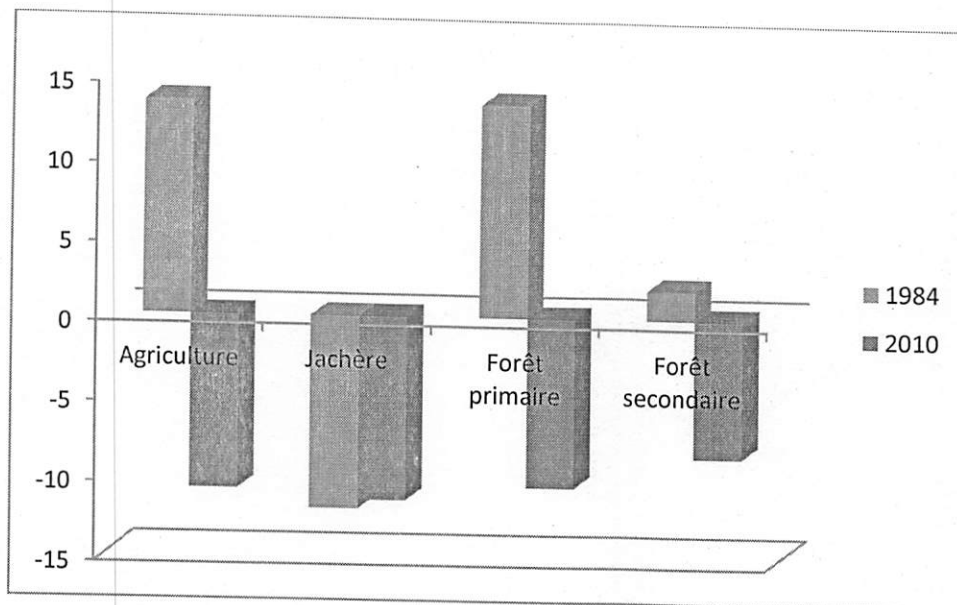
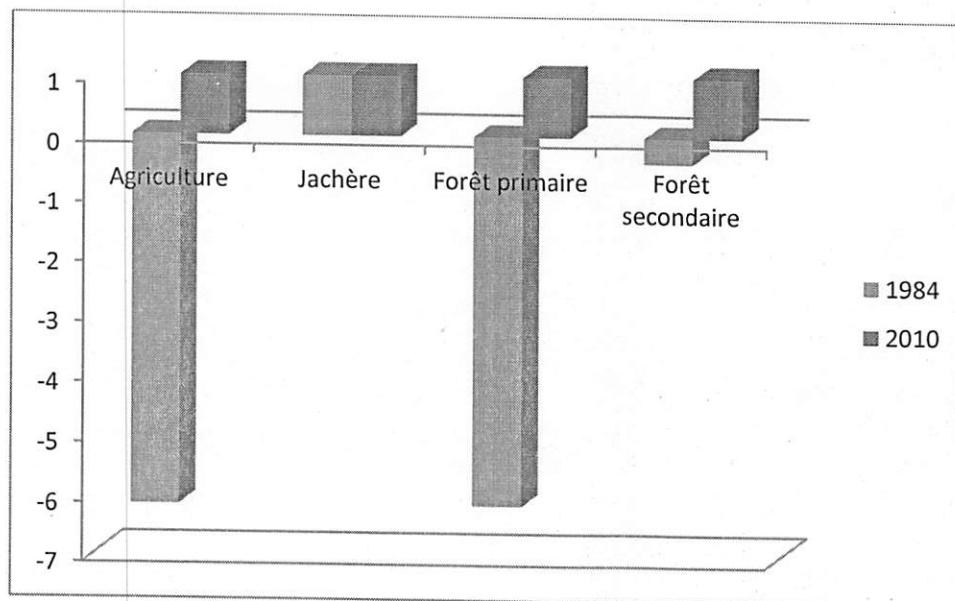


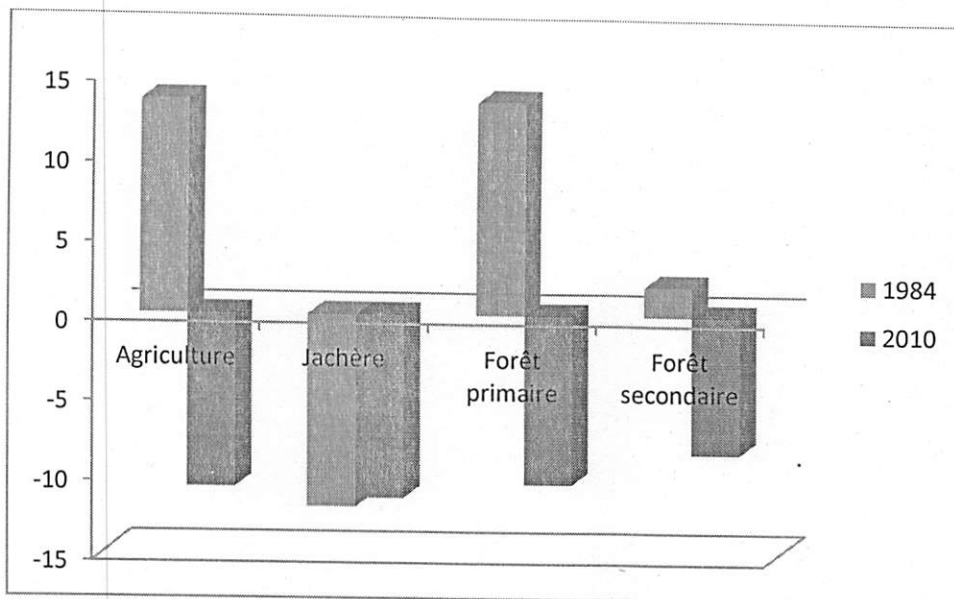
Figure 21. Droites de régression des logarithmes népériens des Périmètres en fonctions des logarithmes des aires des classes en 2010.



Histogramme par individus

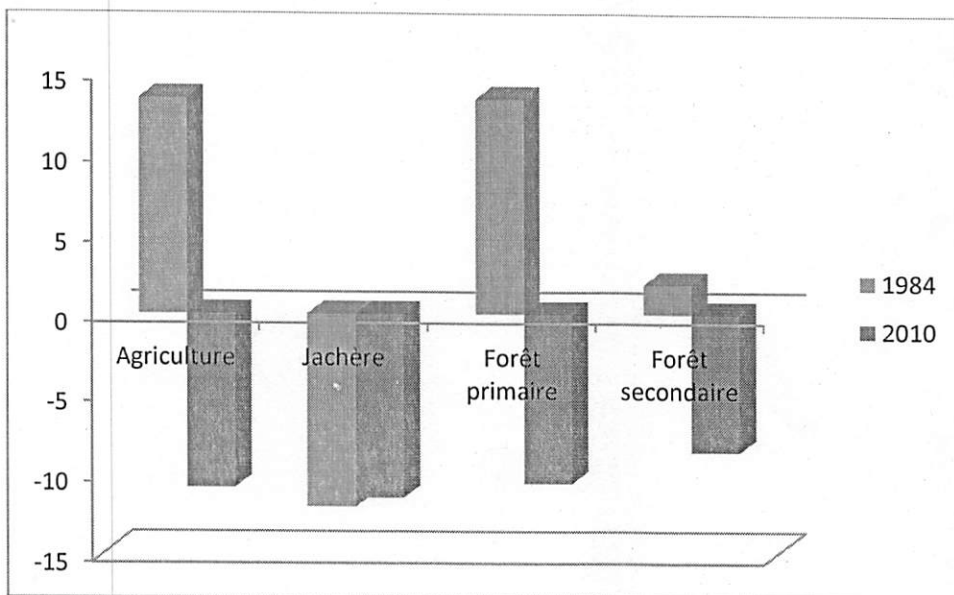


Histogramme par tâche



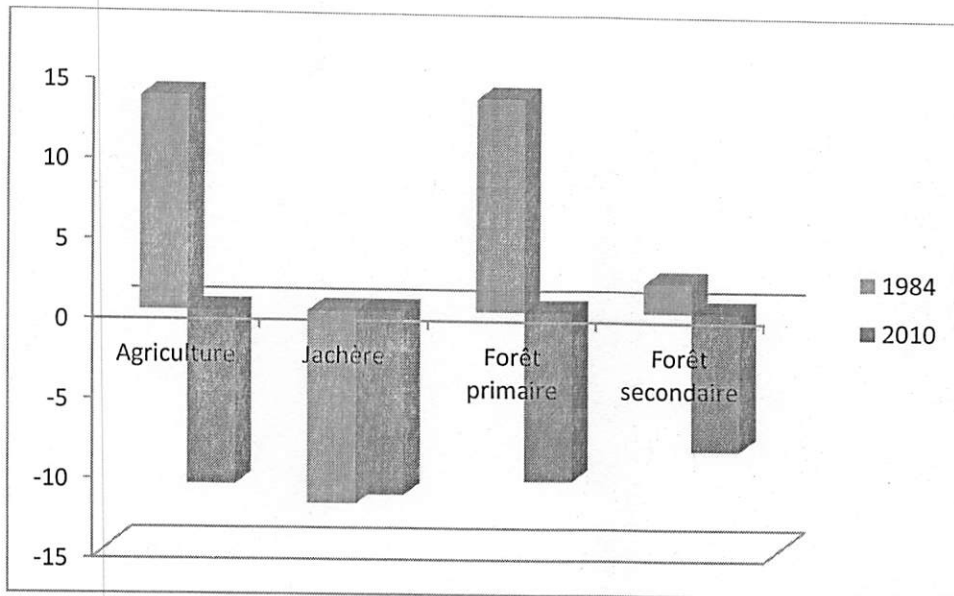
Histogramme surfacique

Nous constatons que la valeur surfacique de la classe forêt secondaire en 1984 varie entre 0 et 5 durant les 26 ans d'étude. L'histogramme de classe aux années 2010 varie entre 0 et -10.

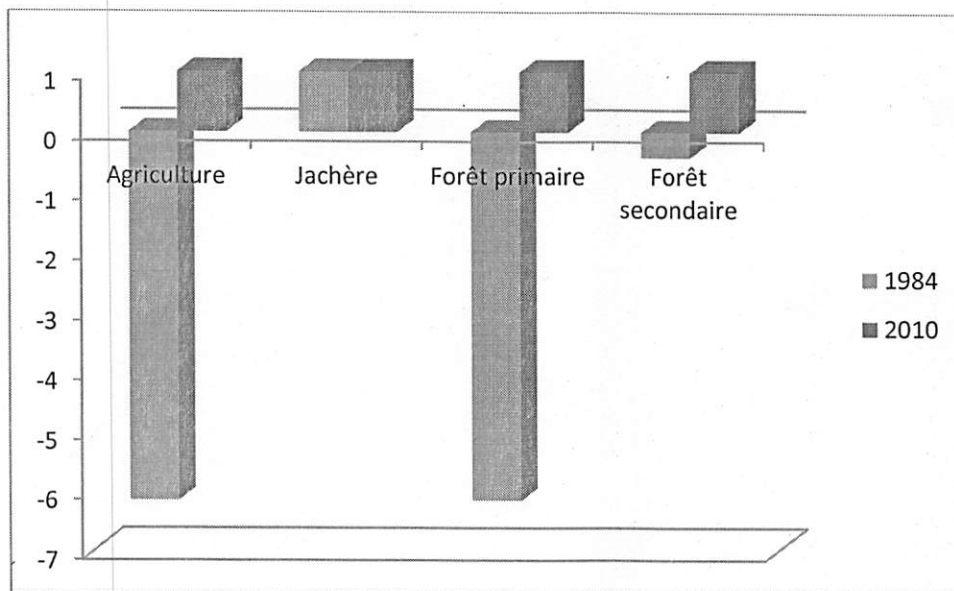


Histogramme proportion des aires par rapport aux Taux de dégradation.

Il est par observation de constater que la valeur proportionnelle de la classe forêt secondaire en 1984 est la plus petite de toute de classe durant les 26 ans d'étude. L'histogramme de toutes le classe aux années 2010 sont en- dessous de zéro (0) et porte les valeurs négatives ainsi la classe jachère 1984.



Histogramme sur la dimension fractale



Histogramme sur la régression

L'interprétation de ce tableau, nous permet de donner les conclusions suivantes :

- la classe Pour d'agriculture

Diminution du nombre des tâches, diminution de la superficie et diminution du périmètre, il y a eu donc **suppression** des certaines tâches de la classe.

- Pour la forêt secondaire

Augmentation du nombre des tâches, augmentation de l'aire des tâches et augmentation du périmètre, il y a donc **agrandissement** de certaines tâches dans la classe d'occupation du sol.

- Pour la forêt primaire

Diminution du nombre des tâches, diminution de la superficie et diminution du périmètre, c'est-à-dire il y a **suppression** des certaines tâches de la classe.

- Pour la classe jachère

Augmentation du périmètre, augmentation du nombre des tâches et augmentation des aires des tâches dans la classe, donc un **agrandissement**.

De ce fait, le couvert végétatif de la région forestière de la Yoko a subi de transformation sur son paysage, suivant le processus de transformation spatiale, nous constatons que notre paysage ou couvert végétatif a subi une suppression pour les classes forêt primaire et agriculture, tandis que les classes jachère et forêt secondaire ont subi une augmentation des tâches dans la classe d'occupation du sol suivant le dix processus de transformation, cité par Bogaert et al en 2004. En voici :

- ✓ Agrégation : fusion de tâche
- ✓ Rétrécissement : réduction de taille des tâches
- ✓ Déplacement : translocation de plusieurs tâches
- ✓ Fragmentation : rupture de la continuité en plusieurs tailles différentes
- ✓ Dissection : subdivision des tâches par des petites lignes
- ✓ Création : formation de nouvelles tâches
- ✓ Perforation : formation de trous dans les tâches
- ✓ Déformation : changement de forme des tâches
- ✓ Suppression : disparition des plusieurs tâches
- ✓ Agrandissement : expansion de taille des tâches.



## CONCLUSION ET SUGGESTIONS

En utilisant les données linéaires et satellitaires comme technique de l'analyse des données et la méthode de l'écologie associées à la cartographie par la mise en évidence de la dégradation du paysage à partir de la carte classifiée de la réserve de Yoko de 1984 à 2010 avec une dominance de la classe forêt primaire, est aujourd'hui fortement anthropisée ou on a constaté l'influence des actions anthropique dans la côte Nord (Réserve de la Yoko).

L'évaluation systématique de la pertinence des résultats obtenus a ensuite été réalisée, sur les 16.662 ha de la superficie et différentes classes d'occupation du sol de Yoko qui ont fait l'objet d'un examen critique et systématique du traitement avec un taux annuel de dégradation  $0,396 \cong 0,4 \%$ . La physionomie radiométrique d'un type de classe est très variable dans le temps comme dans l'espace, vingt-six (26) ans séparent les dates de prise de vue de photographie aérienne (1984-2010) et l'image satellitaire 1984.

L'analyse approfondie et l'étude par cartographie nous démontrent à suffisance que la crise de structure spatiale du paysage par action anthropique a été dominante, influente et continue dus à la pauvreté de paysan par des activités de déforestation, destruction massive de la réserve forestier par les activités anthropiques et le vieillissement du couvert végétal bien que celle-ci ait eu des effets indirects sur la réserve forestière de YOKO favorisant la diminution de l'équilibre entre les aires des tâches qui les composent.

L'exploitation forestière et l'agriculture sont les principales activités économiques formelles car sa production végétale résulte de l'agriculture itinérante qui procède par l'abattage-brûlis de la forêt. Il nous tient à savoir que le ramassage, la cueillette, la récolte des ressources forestières comestibles (chenille, bois, tortus, escargot, miels) et d'usage communément appelées produit forestier non ligneux (PFNL) sont des activités qui mobilisent un grand nombre des personnes en permanence et contribuent à la réduction du potentiel de régénération du couvert végétal. (Code forestier 2002)

Toutes ces actions favorisent la dévastation de la végétation exercées par la population riveraine, et celle approximative de la réserve visible à chaque ou quelque kilomètre du site (réserve forestière de Yoko).

Nous suggérons, face à cette réalité, que le gouvernement congolais et les paysans ou garde forestier puissent discuter sur la politique de l'exploitation forestière, afin d'en déduire une décision rationnelle, qui permettra à la RDC de protéger et maintenir la réserve forestière grâce aux structures des ressources forestières et de ne pas perdre le contexte du développement durable basée dans la gestion de la pression démographique et le désir des besoins vitaux.

Il est important au Gouvernement Congolais de pouvoir mettre en œuvre le plan d'aménagement, l'observatoire des forêts, réaliser l'inventaire d'exploitation et animer la plateforme de concertation et de collaboration entre les sociétés forestières, la population locale, autochtone et l'administration forestière dans le but d'une gestion durable de la forêt.

La forêt représente une ressource essentielle à l'humanité à condition d'être exploitée rationnellement, en prenant en compte l'ensemble des exigences écologiques fondamentales et en conservant le site forestier (forêt primaire, forêt secondaire, forêt dense) sous forme des réserves forestières car celle - ci peuvent fournir en permanence les produits nécessaires aux divers usages, auquel les espèces trouvées dans la forêt tropicale présentent une diversité par sa grandeur en forme structurelle, floristique, et architecturale.

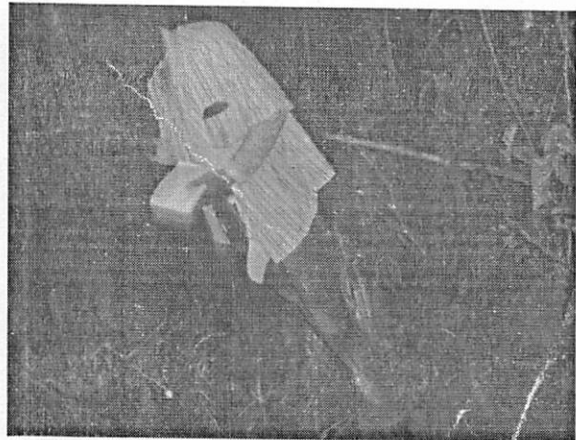
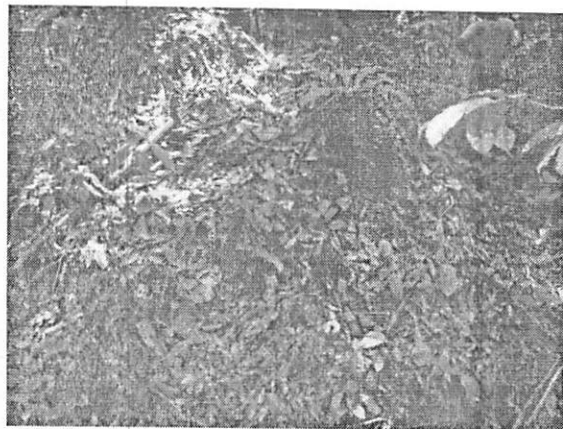
Enfin de promouvoir la protection et la conservation de la réserve forestière de Yoko, en vue du développement des recherches sur la biodiversité, il est important d'accroître la connaissance dans le domaine de : la biodiversité, la gestion durable de forêt, Système d'information géographique, et investir plus des moyens dans la formation des personnels scientifiques.

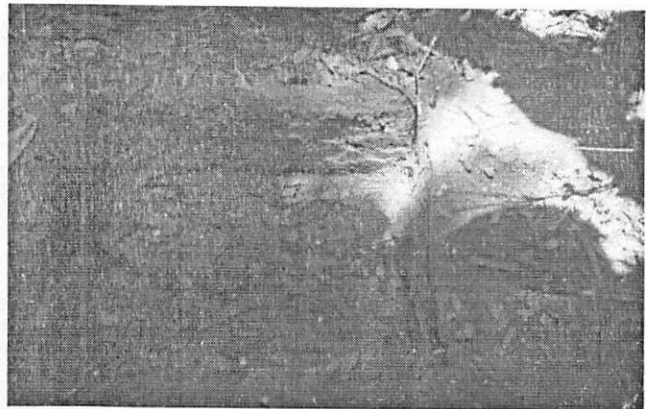
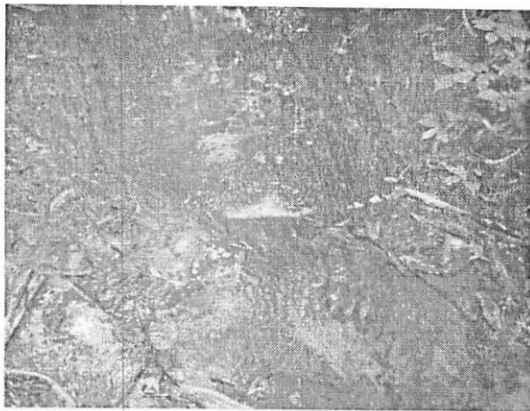
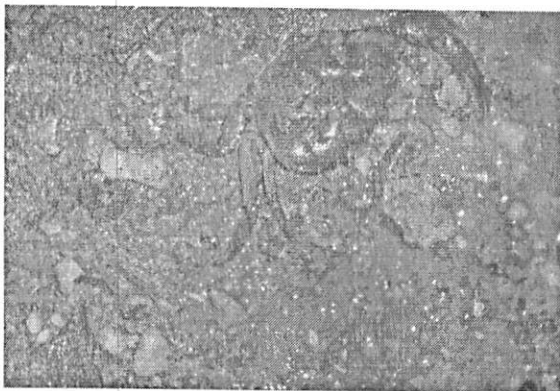
## BIBLIOGRAPHIE

1. BOLA, 2009 : Cours de phytosociologie et phytogéographie
2. Duveiller, G., Defourny, P., Descl'ee, B. and Mayaux, P. (2008). Deforestation in Central Africa: estimates at regional, national and landscape levels by advanced processing of systematically-distributed Landsat extracts. *Remote Sensing of Environment*,
3. F.A.O, 2006 : Evaluation des ressources forestières mondiales 2005 : progrès vers la gestion forestière durable. Rome. <http://www.fao.org/forestry/fr/>.
4. F.A.O. (1999) : Recherches actuelles et perspectives pour la conservation et le développement. Département des forêts (site internet: <http://www.fao.org/docrep/X2161F/X2161F00.htm>).
5. F.A.O. (2003) : *Gestion durable des forêts tropicales en Afrique centrale, recherche d'excellence*. Dép. Forêt série N°143, 124 p
6. F.A.O. (2007) : *Situation des Forêts du monde 2007*. Rome 2007, 143 p.
7. F.A.O., 2001. Global forest resources assessment of 2000- main report. FAO Forestry Paper 140. FAO, Rome, Italy
8. F.A.O., 2003. *Gestion durable des forêts tropicales en Afrique centrale, recherche d'excellence*. Département Forêt série 143. FAO, Rome, Italy.
9. KABASELE Y, 2010 : Cours de télédétection satellitaire photogrammétriques & photo interprétation.
10. KAHINDO M, 2010 : 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 inédit. Faculté des sciences.
11. KAKUNI M, 2009 : Cours d'hydrologie et hydrochimie
12. KAKUNI M, 2009 : minéralogie, géologie et géomorphologie
13. Kondjo K, 2005 : Délimitation de la zone centrale de la réserve de biosphère de Luki et évaluation de la dégradation de sa végétation. Mémoire, Inédit université Kinshasa.
14. Makala N, 2006 : Détection de l'évolution des superficies de la couverture végétale entre les années 2001 et 2005 à partir d'images satellitaires Landsat- ETM et Aster vnr dans la région de Kinshasa en rd Congo. Mémoire inédit ; Université de Kinshasa.

15. MANYONGA M, 2010 : Etat de l'agriculture sur brûlis en RD Congo
16. Mate M, 2009 : Cours de population, environnement et développement.
17. MIKWA Jf, 2010 : Evaluation par télédétection des effet de la déformation et dégradation dans la forêt) Kisangani. (cas de la région forestière de Masako). Thèse
18. M.M.F.T. (2002) : *Afrique : ses forêts menacées*, éd. Hersilia Fonseca, Royaume Uni, 258 p.
19. ONOTAMBA k, 2006 : Topographie et cartographie géoréférencie de différent type de végétation des inventaires du bloc UH48 de la réserve de biosphère de Luki. Mémoire, inédit Université de kinshasa.
20. UTSHUDI L, 2006 : Etude de la dimension fractale sur la complexité de la structure spatiale des classes dans l'occupation du sol d'un écosystème forestier de la cuvette centrale congolaise. (cas de la réserve forestière « jardin systématique » de l'INERA à Yangambi). DEA inédit. Faculté de science.
21. Vancutsem C., Lubamba J.-P.K., Blaes X., Pekel J.-F., de Wasseige C. & Defourny P., 2006. the Land CoverMap of the Democratic Republic of Congo, presses universitaires de Louvain ISBN2-87463-019-5,UCL-Geomatics,Louvain-la-Neuve.
22. White, F, 1986. La végétation de l'Afrique. UNESCO, AETFAT et UNSO. 384p.  
[http:// www.theses.ulaval.ca/2007/24216/ch03.html](http://www.theses.ulaval.ca/2007/24216/ch03.html)
23. Quettin, R., 2009 Apport de la télédétection à très haute résolution pour la caractérisation d'un peuplement de forêt tropicale humide, étude de cas. Mémoire Dea, Université catholique de Louvain, 72p.

# Les Images ou Photos sur le site dans la récolte des données





4. La Légende des photos d'occupation du sol dans la Réserve forestière de la Yoko : 1. Image de l'Agriculture, 2. Image des Etangs, 3&4. Image des espèces fauniques, 5. Image de l'action Anthropique, 6. Image du cours d'eau, 7. Image de la structure du sol.

## Littérature

La connaissance de la nature démographique des écosystèmes forestières est plus importante pour la recherche forestière, par rapport à son évolution et sa diversité; la télédétection, étant un ensemble des techniques et procédés utilisés pour obtenir une information sur un objet ou une zone à distance. Elles permettent d'observer à l'aide des appareils photo et les autres instruments qui recueillent et enregistrent l'information (capteurs). L'analyse à distance impose souvent l'usage d'un avion ou de satellites artificiels qui transportent différents capteurs. Ces systèmes de télédétection sont couramment utilisés pour surveiller et contrôler l'environnement et les ressources terrestres, et en dresser une cartographie.

Ils sont également utilisés pour explorer d'autres planètes (*voir* exploration de l'espace). Parmi les capteurs les plus courants, on trouve les appareils photographiques. Depuis la fin des années 1930, les scientifiques ont régulièrement pris des photographies aériennes de la surface terrestre. Ces photographies ont été utilisées pour créer des cartes, étudier l'évolution des sols et des forêts, dresser des plans de villes, observer les opérations militaires « *voir* observation aérienne ; photogrammétrie ; photographie (technique) » (Encyclopédie Encarta).

Les spécialistes de la télédétection utilisent souvent des ordinateurs pour améliorer la qualité des images, ou pour regrouper plus facilement les informations collectées et dresser des cartes. Les capteurs infrarouges et les capteurs de micro-ondes enregistrent l'énergie électromagnétique invisible. La chaleur des corps peut être mesurée grâce à leur rayonnement infrarouge (*webographie*).

Les capteurs infrarouges créent des images montrant les variations de température de la zone visée. Les scientifiques utilisent des images infrarouges pour déterminer l'état de la végétation, surveiller les variations de température dans les masses d'eau, localiser une avarie dans un pipeline souterrain, et étudier la géographie du sol et du sous-sol. Les capteurs de micro-ondes, comme le radar, envoient des ondes électromagnétiques vers des objets et enregistrent la façon dont ces derniers les réfléchissent. Contrairement aux autres capteurs, ils peuvent recueillir une information à travers les nuages. En balayant une surface avec un radar et en traitant les informations grâce à un ordinateur, les scientifiques créent des *cartes radar*.

Les satellites se sont révélés extrêmement utiles au développement des systèmes de télédétection. Les États-Unis, l'Agence spatiale européenne (ESA), l'Inde, le Japon et la Russie ont lancé des satellites d'observation de la Terre. Par exemple, les satellites français SPOT (Système probatoire d'observation de la Terre) peuvent produire des images d'objets ayant une surface de seulement 100 m<sup>2</sup>. Les satellites météorologiques produisent, grâce aux systèmes de télédétection, des images utilisées pour prévoir le temps (*voir* météorologie).

### En orbite autour de la Terre

L'orbite d'un corps satellisé autour de la Terre peut être de forme circulaire ou elliptique. Une orbite circulaire est parcourue à une vitesse constante, d'autant plus faible que l'altitude est élevée (deuxième loi de Kepler) : comme le fait remarquer dès 1945 Arthur Clarke, il existe donc une altitude où la vitesse de rotation d'un satellite est identique à celle de la Terre. C'est l'altitude géostationnaire, ainsi appelée parce qu'elle permet à un satellite placé à 35 768 km au-dessus de l'équateur de se déplacer sur une trajectoire dite géosynchrone, de sorte qu'il demeure à une position fixe au-dessus d'un certain point déterminé de l'équateur. La plupart des satellites de télécommunications sont placés sur cet anneau, désormais connu sous le nom d'orbite géostationnaire.

Sur une orbite elliptique, la vitesse varie d'un maximum atteint au périhélie c'est-à-dire à l'altitude la plus faible à un minimum atteint à l'apogée, soit à l'altitude la plus élevée « ce résultat provient là encore de l'application de la deuxième loi de Kepler ». Une caractéristique importante de l'orbite est sa position par rapport à la Terre : elle peut se situer dans n'importe quel plan passant par le centre de la Terre (l'angle entre le plan orbital et le plan équatorial étant appelé inclinaison de l'orbite). Ainsi, une orbite polaire s'inscrit dans un plan passant par les pôles Nord et Sud c'est-à-dire qu'il traverse l'axe de rotation de la Terre; une orbite équatoriale est une orbite située dans le plan de l'équateur (Webographie, 2010).

Un satellite placé en orbite polaire, transportant généralement des caméras sensibles dans le domaine infrarouge, peut balayer l'intégralité de la surface du globe en vingt-quatre heures. Si l'inclinaison de l'orbite est inférieure à 90°, la couverture est réduite, certaines régions proches des pôles n'étant plus survolées (Webographie, 2010).



Dans le cas d'un satellite météorologique géostationnaire comme ceux de la famille Météosat, un calcul très simple prouve que l'image transmise par le satellite (toutes les 30 minutes environ) couvre un peu moins d'un hémisphère terrestre (sa zone de visibilité est limitée à  $81,2^\circ$  de latitude de part et d'autre de l'équateur). Un corps placé dans le vide peut théoriquement tourner indéfiniment sur son orbite. Mais si sa trajectoire est suffisamment basse par rapport à l'atmosphère terrestre, le frottement de l'air provoquera une perte progressive d'altitude.

De nombreux satellites finissent ainsi leur vie : ils sont détruits en rentrant dans l'atmosphère, où ils se consomment comme un météore (Webographie, 2011). Cette famille de satellites se divise en trois catégories génériques : télécommunications (ce sont les satellites commerciaux, qui relaient les lignes téléphoniques et les chaînes de télévision), de l'environnement et aide à la navigation.

D'autres satellites, comme les Landsats américains, observant la Terre à des fins civiles, scrutent la surface du globe avec des analyseurs multi-spectraux et transmettent les données à des stations terrestres. Traitées pour générer des représentations en couleurs, ces données fournissent des informations très diversifiées : on obtient des renseignements sur les caractéristiques des sols, les quantités d'eau et de glace, la pollution des eaux côtières, la salinité et les dégâts provoqués sur les récoltes et dans les forêts par les insectes. Même les incendies de forêt peuvent être ainsi détectés. De même, l'étude des plissements et des fractures dans la croûte terrestre aide les géologues à identifier les gisements pétrolifères et miniers (Webographie, 2011).

Le programme SPOT (Satellite pour visionner la Terre), entrepris par la France avec la participation de la Belgique et de la Suède (5 satellites lancés en 1986, 1990, 1993, 1998 et 2002, dont seul Spot 3 n'est plus opérationnel), a déjà fourni plusieurs millions d'image haute résolution ; la filière Spot doit être suivie par le programme européen Pléiades — un projet de satellites multi-capteurs (optiques et radars) destinés à des applications civiles et militaires. De fait, les satellites d'observation terrestre sont aussi utilisés pour obtenir des images d'intérêt militaire (mouvements de navires et de troupes par exemple). Voir aussi télédétection. Les satellites de navigation permettent d'établir très précisément la position d'un navire.

Ainsi, le système GPS (global positioning system), reposant sur un ensemble de 24 satellites en orbite autour de la Terre à environ 17 000 km d'altitude (ils sont répartis en 6 plans inclinés de 55° par rapport à l'équateur terrestre), atteint une précision de quelques mètres – elle est encore réservée aux militaires américains, la performance du service commercial ouvert à tous ayant été volontairement limitée « précision d'environ 100 m » (Webographie). La perte de biodiversité dans les forêts est due à la fois à la disparition totale du couvert forestier (déforestation) et à la perte d'éléments de biodiversité au sein de la forêt (dégradation). La perte de biodiversité au sein des forêts (aux niveaux des communautés, des espèces) a plusieurs causes: la Croissance démographique, dépendance économique, Pauvreté généralisée, Investissement insuffisant dans le secteur forestier, Systèmes d'évaluation inadaptés à la situation, exploitation irrationnelle, agriculture itinérante sur brulis etc.

Des études dans la réserve forestière de Yoko montrent que la dégradation de la forêt est généralisée, touchant également l'ensemble du couvert d'une part et d'autre part la structure du sol, qui donne de conséquence néfaste dans l'écosystème car la forêt participe à l'équilibre de l'environnement. Toutefois, les données sur les taux et les causes de cette disparition ou de cette dégradation sont approximatives. Néanmoins, la disparition d'espèces à l'échelon local a des effets négatifs sur les populations locales. Les responsables de la conservation reconnaissent maintenant que la perte directe des ressources forestières a elle-même des causes beaucoup plus profondes, y compris la pression démographique, la pauvreté et des politiques incompatibles aux niveaux national et international. La création d'un observatoire de forêt présente déjà un pas en avant pour remédier aux déficiences du passé. Les problèmes de gestion se posent avec acuité. Ils ont fondamentalement favorisés la dégradation du couvert végétal. D'après Lamouroux et al (1994), la gestion d'un patrimoine tel que la forêt urbaine nécessite une matérialisation sans ambiguïté de l'autorité de l'Etat en face d'une population en constante croissance, dont le bois constitue la source d'énergie principale. Il n'y a pas une volonté politique réelle de freiner le recul des forêts et de réduire la perte de biodiversité. Les Ingénieurs Agronomes devraient œuvrer afin que les pertes soient à l'avenir minimales et favorisés la formation des élites sur la gestion, conservation des forêts et l'utilisation appropriée des sols. Maintenir des sites forestiers en aire protégée ou réserves, orientées uniquement à la recherche scientifique et promouvoir l'aménagement durable des forêts avec des activités spécifiques portant sur l'application des lois sur la protection de la biodiversité.

Ainsi, le système GPS (global positioning system), reposant sur un ensemble de 24 satellites en orbite autour de la Terre à environ 17 000 km d'altitude (ils sont répartis en 6 plans inclinés de 55° par rapport à l'équateur terrestre), atteint une précision de quelques mètres – elle est encore réservée aux militaires américains, la performance du service commercial ouvert à tous ayant été volontairement limitée « précision d'environ 100 m » (Webographie). La perte de biodiversité dans les forêts est due à la fois à la disparition totale du couvert forestier (déforestation) et à la perte d'éléments de biodiversité au sein de la forêt (dégradation). La perte de biodiversité au sein des forêts (aux niveaux des communautés, des espèces) a plusieurs causes: la Croissance démographique, dépendance économique, Pauvreté généralisée, Investissement insuffisant dans le secteur forestier, Systèmes d'évaluation inadaptés à la situation, exploitation irrationnelle, agriculture itinérante sur brulis etc.

Des études dans la réserve forestière de Yoko montrent que la dégradation de la forêt est généralisée, touchant également l'ensemble du couvert d'une part et d'autre part la structure du sol, qui donne de conséquence néfaste dans l'écosystème car la forêt participe à l'équilibre de l'environnement. Toutefois, les données sur les taux et les causes de cette disparition ou de cette dégradation sont approximatives. Néanmoins, la disparition d'espèces à l'échelon local a des effets négatifs sur les populations locales. Les responsables de la conservation reconnaissent maintenant que la perte directe des ressources forestières a elle-même des causes beaucoup plus profondes, y compris la pression démographique, la pauvreté et des politiques incompatibles aux niveaux national et international. La création d'un observatoire de forêt présente déjà un pas en avant pour remédier aux déficiences du passé. Les problèmes de gestion se posent avec acuité. Ils ont fondamentalement favorisés la dégradation du couvert végétal. D'après Lamouroux et al (1994), la gestion d'un patrimoine tel que la forêt urbaine nécessite une matérialisation sans ambiguïté de l'autorité de l'Etat en face d'une population en constante croissance, dont le bois constitue la source d'énergie principale.

Il n'y a pas une volonté politique réelle de freiner le recul des forêts et de réduire la perte de biodiversité. Les Ingénieurs Agronomes devraient œuvrer afin que les pertes soient à l'avenir minimales et favorisés la formation des élites sur la gestion, conservation des forêts et l'utilisation appropriée des sols. Maintenir des sites forestiers en aire protégée ou réserves, orientées uniquement à la recherche scientifique et promouvoir l'aménagement durable des forêts avec des activités spécifiques portant sur l'application des lois sur la protection de la biodiversité.

**\*.I.0. Donnée vectorielles :** sont de donnée qui décrit un emplacement en utilisant une série de coordonnées, chaque coordonnée se référant à une localisation géographique utilisant un système de valeur en x et en y.

**\*.I.1. Domaine d'application :** Les images satellitaires constituent une base d'information intéressante dans des domaines d'application très variés, elles offrent de précieuses informations à des milliers d'entreprises. Vu l'impossibilité de répertorier tous les types de projets, on peut citer les principales applications:

*\*Diagramme topographique en 3D Diagramme thématique (voir indices de télédétection sous Idrisi- erdas),*

*\*Géophysique (Iso lignes et Iso Energies),*

*\*Foresterie et Occupation des sols Cadastre et Travaux publics Urbanisme et Aménagement Téléphonie et Télécommunication,*

*\*Gestion des risques (catastrophe naturelle)*

*\*Géologie, exploration pétrolière et minière,*

*\*Agriculture Ressource en eau Etudes côtières et océaniques*

*\*Climatologie et Météorologie.*

**\*.I.2. Pixel :** plus petit élément d'une présentation visualisée auquel peuvent être affectés séparément des attributs tels que luminosité, couleur, clignotement

**\*.I.3. Application panchromatique Landsats-TM/ETM :** Localiser, identifier et mesurer les objets par leur aspect physique Identifier et cartographier précisément les développements urbains Actualiser les caractéristiques physiques sur les cartes existantes.

**\*.I.4. Résolution spatiale :** La résolution spatiale fait référence à la taille des plus petits objets pouvant être distingués dans une image. La résolution spatiale est très importante pour la cartographie topographique. Fondamentalement, la résolution spatiale doit être assez élevée pour permettre la détection, la reconnaissance, l'identification, et aussi la symbolisation des objets, des traits, et des surfaces observées sur l'image.

**\*.I.5. Donnée raster :** Le donnée raster dans le SIG sont des matrices de cellules discrètes qui représentent des objets, au-dessus ou en dessous de la surface de la terre.

## TABLE DE MATIERE

Dédicace.....	i
Remerciement.....	ii
Liste des tableaux.....	iii
Liste des figures.....	iv
Liste des abréviations.....	v
Résumé.....	vi
Summary.....	vii
INTRODUCTION GENERAL.....	1
0.1. PROBLEMATIQUE DU SUJET.....	3
0.2. HYPOTHESES.....	4
0.3. OBJECTIF .....	5
0.4. INTERET DE L'ETUDE:.....	5
0.5. CAUSES DE LA DISPARITION DES FORETS.....	6
0.6. DEFINITION DES CONCEPTS.....	6
PREMIER CHAPITRE : GENERALITE ET CIRCONSCRIPTION DU SUJET.....	7
Cartographie forestière.....	8
SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE : « SIG ».....	8
STRUCTURE D'UNE RESERVE FORESTIERE.....	9
CHAPITRE II : MILIEU D'ETUDE.....	12
II.1.HISTORIQUE& LOCALISATION .....	12
II.2. Cadre Biophysique .....	13
II.2.1. Situation géographique et organisation administrative.....	13
II.2.2. LA POPULATION DU TERRITOIRE D'UBUNDU REPARTIE PAR SECTEUR.....	15
2.3. DOMAINE GEOMORPHOLOGIQUE.....	15
2.3.1 Occupation du sol du couvert forestier.....	15
II.4. CLIMAT .....	19
II.5. VEGETATION et FLORE.....	20
II.6. SOLS & HYDROGRAPHIE.....	23

II.7. ACTIONS ANTHROPIQUES .....	23
II.8. Activités FORESTIERES ET MINIERES .....	24
II.9. AGRICULTURE.....	24
II.10. PÊCHE ET ÉLEVAGE .....	24
II.11. FAUNE.....	24
CHAPITRE III : MATERIEL &METHODE .....	24
III. MATERIELS UTILISES .....	25
III.1 Equipement de terrain.....	25
III.2. Source des données.....	25
III.3. Renseignements bibliographiques .....	26
III.4. METHODES DE TERRAIN .....	26
III.5. TYPE DES METHODES .....	26
III.6. APPROCHE METHODOLOGIE .....	27
III.7. INDICE DU PAYSAGE ET ANALYSE DE LA DYNAMIQUE.....	28
III.8. LA TELEDETECTION, APPORT DE L'IMAGERIE SATELLITALE .....	28
III.9. Numérisation cartographique.....	29
III.10. Habillage et mise en page .....	31
III.11. Matrice de confusion .....	31
III.12 Matrice de transition des classes d'occupation du sol .....	32
III.13. La dimension fractale .....	32
III.15. Evaluation de dégradation de la végétation .....	33
III.16. L'Analyse des données .....	33
III.17. LES SUPERFICIES.....	33
III.18. TAUX ANNUEL DE DEFORESTATION.....	33
III. 14. Analyse de la structure spatiale du paysage.....	34
CHAPITRE IV : PRÉSENTATION DES RÉSULTATS ET DISCUSSION .....	36
4.1. RESULTATS.....	36
4.1.1. Cartographie par télédétection de la région forestière de Yoko .....	36
4.2. ANALYSE DE CARTE PAR DES INDICE DE LA STRUCTURE SPATIALE .....	37
4.2.1. Niveau des classes .....	39
4.3. Les Indices en rapport avec l'aire des classes d'occupation du sol.....	40
4.4. Indice en rapport avec les valeurs extrêmes des aires, de l'étendue, de la dominance de classe d'occupation du sol.....	41

4.5. Indice en rapport avec les valeurs extrêmes des périmètres, de l'étendue, de la dominance de classes d'occupation du sol .....	42
4.6. Variation du facteur de graduation dans la méthode d'estimation .....	43
4.7. Taux de déforestation spatiale annuelle moyen .....	43
4.8. DIMENSION FRACTALE DES CLASSES .....	43
L'interprétation de ce tableau, nous permet de donner les conclusions suivantes :.....	46
□ Pour la classe d'agriculture.....	49
CONCLUSION ET SUGGESTIONS.....	50
BIBLIOGRAPHIE .....	52
Image sur le site dans la récolte de donnée & Image satellitaire/ capture .....	54
Revue de la littérature .....	557
Table de matière.....	61