



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE

UFR ENVIRONNEMENT

REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique

ANNEE ACADEMIQUE :
2018-2019

N° D'ORDRE :

N° CARTE D'ETUDIANT :
CI0410000083

LABORATOIRE :

BIODIVERSITE ET
ECOLOGIE TROPICALE

MASTER

Biodiversité et Gestion Durable des Ecosystèmes

Option : Ecologie et Gestion Durable des Ecosystèmes

THEME :

**Etude comparée des transformations spatiales de
la forêt classée du Haut-Sassandra et de sa
périphérie de 1997 à 2018**

Présenté par :

ABOZAN Abozan Edouard

JURY

Président : M. KONAN-WAIDHET Arthur Brice, Maître de Conférences,
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Directeur : M. BARIMA Yao Sadaïou Sabas, Maître de Conférences,
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Examineur : M. COULIBALY Siendou, Maître-Assistant,
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Soutenu publiquement

Le : 12/06/2020

TABLE DES MATIERES

| | Page |
|--|------|
| REMERCIEMENTS | v |
| LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS | vi |
| LISTE DES TABLEAUX | vii |
| LISTE DES FIGURES | viii |
| INTRODUCTION..... | 1 |
| PARTIE I : GENERALITES | 4 |
| 1-1- Présentation de la zone d'étude | 5 |
| 1-1-1- Situation géographique | 5 |
| 1-1-2- Description du milieu abiotique..... | 6 |
| 1-1-2-1- Relief et sol..... | 6 |
| 1-1-2-2- Climat | 6 |
| 1-1-3- Description du milieu biotique..... | 6 |
| 1-1-3-1- Végétation..... | 6 |
| 1-1-3-2- Environnement humain | 7 |
| 1-1-3-2-1- Populations | 7 |
| 1-1-3-2-2- Activités économiques..... | 7 |
| 1-2- Définition des concepts et travaux antérieurs | 7 |
| 1-2-1- Occupation et utilisation des sols..... | 7 |
| 1-2-2- Cartographie..... | 8 |
| 1-2-3- Notion de télédétection | 8 |
| 1-2-3-1- Définition..... | 8 |
| 1-2-3-2- Domaines d'application de la télédétection..... | 9 |
| 1-2-4- Ecologie du paysage..... | 9 |
| 1-2-4-1- Définition du concept « paysage » | 10 |
| 1-2-4-2- Composition du paysage..... | 10 |
| 1-2-5- Indice de structure spatiale..... | 10 |
| 1-2-6- Dynamique des paysages | 11 |
| PARTIE 2 : MATERIEL ET METHODES | 12 |
| 2-1- Matériel..... | 15 |
| 2-1-1- Matériel de terrain..... | 15 |
| 2-1-2- Données spatiales..... | 15 |

| | |
|--|-----------|
| 2-1-3- Logiciels de traitement des données | 15 |
| 2-2- Méthodes..... | 15 |
| 2-2-1- Acquisition des images satellitaires prétraitées | 15 |
| 2-2-2- Traitement des images avant la visite de terrain | 16 |
| 2-2-2-1- Extraction de la zone d'étude | 16 |
| 2-2-2-2- Composition colorée et interprétation visuelle des images | 16 |
| 2-2-2-3- Choix des sites à visiter | 17 |
| 2-2-2-4- Visite de terrain | 17 |
| 2-2-3- Traitement des images après la visite de terrain | 17 |
| 2-2-3-1- Sélection des sites d'entraînement..... | 17 |
| 2-2-3-2- Classification supervisée des images..... | 17 |
| 2-2-3-3- Evaluation des classifications..... | 18 |
| 2-2-4- Analyses de la dynamique et transformation spatiale des paysages | 18 |
| 2-2-4-1- Indices de végétation | 18 |
| 2-2-4-2- Indices de structure spatiale et taux d'accroissement des proportions des classes d'occupation du sol..... | 19 |
| 2-2-4-3- Matrice de transition..... | 20 |
| 2-2-4-5- Analyse du processus de transformation spatiale..... | 20 |
| PARTIE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION..... | 22 |
| 3-1- Résultats..... | 23 |
| 3-1-1- Occupation du sol de la forêt classée du Haut-Sassandra et sa périphérie | 23 |
| 3-1-1-1- Qualité des classifications | 23 |
| 3-1-1-2- Composition du paysage de la forêt classée du Haut-Sassandra et sa périphérie | 26 |
| 3-1-2- Dynamiques d'occupation du sol dans la forêt classée du Haut-Sassandra et sa périphérie | 27 |
| 3-1-2-1- Évolution de l'indice de végétation de la forêt classée Haut-Sassandra et sa périphérie | 27 |
| 3-1-2-2- Changement au niveau des classes d'occupation du sol au sein de la forêt classée du Haut-Sassandra et de sa périphérie..... | 28 |
| 3-1-3- Transferts d'occupation du sol..... | 31 |
| 3-1-3- 1- Transfert d'occupation du sol à l'intérieur de la forêt classée du Haut-Sassandra | 31 |

| | |
|---|----|
| 3-1-3- 2- Transfert d'occupation du sol à la périphérie de la forêt classée Haut-Sassandra | 33 |
| 3-1-4- Dynamiques de la structure spatiale et processus de transformation spatiale de la forêt classée du Haut-Sassandra et sa périphérie | 36 |
| 3-2- Discussion | 40 |
| 3-2-1- Concept de détection de changements dans l'occupation des terres..... | 40 |
| 3-2-2- Analyse des dynamiques de l'occupation du sol | 41 |
| CONCLUSION | 43 |
| REFERENCES..... | 46 |

REMERCIEMENTS

Nous remercions sincèrement la gouvernance de l'Université Jean Lorougnon Guédé avec, à sa tête, la Présidente, le Professeur TIDOU Abiba Sanogo, pour son dévouement pour la formation des étudiants.

Nous remercions le Docteur KOUASSI Kouakou Lazare, Maître de Conférences, Directeur de l'Unité de Formation et de Recherche en Environnement (UFR Environnement) et ses collaborateurs, pour nous avoir initiés à la recherche à travers le parcours intitulé Biodiversité et Gestion Durable des Ecosystèmes.

Nous disons également merci au Docteur BARIMA Yao Sadaïou Sabas, Maître de Conférences, notre Directeur scientifique et notre encadreur, pour son implication pour le bon déroulement des travaux. Nous lui sommes reconnaissants de nous avoir apporté la motivation, les conseils et les encouragements nécessaires à l'accomplissement de ce mémoire.

Nous remercions l'ensemble des Docteurs du Groupe de Recherche Interdisciplinaire en Ecologie du Paysage et en Environnement (GRIEPE), en particulier les Docteurs N'GOURAN Kobenan Pierre, Maître Assistant et KOUAKOU Akoua Tamia Madeleine, Maître Assistante, pour leurs conseils et critiques qui ont permis d'améliorer ce mémoire.

Nous remercions nos aînés, doctorants et mémorants du GRIEPE, particulièrement Mademoiselle ZANH Golou Gizèle, pour leur implication dans la rédaction de ce mémoire. Chère aînée ZANH, tes conseils et tes directives en toute circonstance nous ont donné espoir dans nos moments de peine.

Nous disons un grand merci aux membres du jury de la soutenance qui ont fait sienne le présent mémoire de sorte à rehausser sa qualité. Merci pour votre contribution si indispensable.

Nous exprimons notre profonde gratitude à la famille N'GORAN Tano qui, depuis notre entrée en première année à l'Université Jean Lorougnon Guédé, a accepté de nous héberger. Nous vous sommes reconnaissants pour tout l'amour que vous nous témoignez.

Nous disons un grand merci à nos parents pour leur soutien moral et financier.

Enfin, nous n'oublions pas notre grande famille de la Biodiversité et Gestion Durable des Ecosystèmes (BGDE) pour leurs encouragements et leur soutien.

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

| | |
|--------------|---|
| ETM : | Enhanced thematic mapper |
| ETM+ : | Enhanced Thematic Mapper plus |
| FCHS : | Forêt Classée du Haut-Sassandra |
| FAO : | Food and Agriculture Organization (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture) |
| GPS : | Global Positionning System (système de positionnement global) |
| LANDSAT : | LANDscape SATellite (Satellite du Paysage) |
| NDVI : | Normalized Difference Vegetation Index (Indices Différentiels Normalisés de Végétation) |
| NOAA-AVHRR : | National Oceanic and Atmospheric Administration – Advanced Very High Resolution Radiometer |
| OLI : | Operational Land Imager (Image terrestre opérationnelle) |
| SIG : | Système d'Information Géographique |
| SODEFOR : | Société de Développement des Forêts |
| TIRS : | Thermal Infared Sensor |
| TM : | Thematic Mapper |

LISTE DES TABLEAUX

| | Page |
|---|------|
| Tableau I : Caractéristiques des images satellitaires | 15 |
| Tableau II : Matrice de confusion, précision globale et indice de Kappa issus de la vérification des classifications des images satellitaires de la FCHS et sa périphérie . | 24 |
| Tableau III : Matrice de transition des classes d'occupation du sol et indice de stabilité du paysage de la FCHS de 1997 à 2018..... | 32 |
| Tableau IV: Matrice de transition des classes d'occupation du sol et indice de stabilité du paysage de la périphérie de la FCHS de 1997 à 2018..... | 35 |
| Tableau V : Processus de transformation spatiale des classes d'occupation du sol de la FCHS et de sa périphérie de 1997 à 2018 | 39 |

LISTE DES FIGURES

| | Page |
|--|-------------|
| Figure 1 : Localisation de la forêt classée du Haut-Sassandra et sa périphérie | 5 |
| Figure 2 : Diagramme ombrothermique de la région du Haut-Sassandra de 1989 à 2019 | 6 |
| Figure 3 : Principe de la télédétection spatiale..... | 8 |
| Figure 4 : Arbre de décision pour l'identification des processus de transformation spatiale . | 21 |
| Figure 5 : Cartes d'occupation du sol de la FCHS et sa périphérie à partir d'images satellitaires de 1997 à 2018 | 25 |
| Figure 6 : Proportions des classes d'occupation du sol de la FCHS et sa périphérie de 1997 à 2018..... | 27 |
| Figure 7 : Evolution du NDVI dans la FCHS et sa périphérie de 1997 à 2018 | 28 |
| Figure 8 : Taux d'évolution des classes d'occupation du sol de la FCHS et sa périphérie de 1997 à 2018 | 30 |
| Figure 9 : Indices de structures spatiales de la FCHS et sa périphérie de 1997 à 2018..... | 38 |

INTRODUCTION

Recouvrant environ 7 % de la surface émergée du globe, les forêts tropicales abritent la moitié de la biodiversité terrestre de la planète (Dupuy *et al.*, 1999). De plus, leur capacité à stocker du carbone en fait un acteur important de la régulation du climat dans le monde (Ciesla, 1997). Cependant ces forêts sont défrichées principalement au profit de l'agriculture (Oszwald, 2005). Or ces défrichements ont des conséquences sur le paysage avec la perte de vaste surface forestière sur la planète (Nzigou, 2014). Les modifications du paysage opérées lors de l'utilisation des terres ont une influence sur l'évolution du climat, de la biodiversité et des sols (Foley *et al.*, 2005). En effet, ces modifications participent au changement climatique global et, en retour, ce dernier les contrôle, que ce soit à l'échelle globale, régionale ou locale (Lambin *et al.*, 2006). Ainsi, les analyses des changements d'occupation et d'utilisation du sol sont devenues des éléments essentiels pour les études sur les modifications et l'évaluation de la dégradation du couvert végétal (Kuenzer *et al.*, 2015).

Bien que la déforestation mondiale ait reculé, de 8,5 millions d'hectares en 2000 puis de 6,6 millions d'hectares en 2015, l'Afrique, à elle seule, a accusé une perte annuelle de 2,8 millions d'hectares entre 2010 et 2015 (FAO, 2015). Cette perte du couvert forestier est due à l'accroissement démographique qui engendre la conversion des forêts en terres agricoles ou d'urbanisation (Jahel, 2016). En effet, ces cinquante dernières années ont été marquées par de rapides mutations des espaces ruraux et domaniaux d'Afrique de l'Ouest, principalement visibles dans l'avancée du domaine cultivé au détriment de la végétation naturelle, des zones de parcours et de pâturage (Jahel, 2016). Il n'en demeure pas moins pour les écosystèmes forestiers ivoiriens qui sont constamment soumis à diverses pressions anthropiques dont les plus importantes sont l'exploitation forestière et l'agriculture (Koné *et al.*, 2014).

En Côte d'Ivoire, les superficies de forêts sont passées de 16 millions d'hectares en 1900 à près de 12 millions d'hectares en 1960, puis à environ 6 millions d'hectares en 1975 et à 2,5 millions d'hectares en 2018 (Traoré, 2018). Les autorités coloniales avaient pris, très tôt, des mesures de sauvegarde des ressources naturelles. Ainsi, à partir des années 1920, un important réseau de forêts classées, de parcs et réserves visant à affranchir une bonne partie des écosystèmes les plus représentatifs du pays de l'exploitation par les communautés riveraines va se constituer (Ibo, 1993). Cependant, dans la plupart des pays d'Afrique de l'Ouest, ces zones protégées sont aujourd'hui soumises à de fortes pressions anthropiques. Cette anthropisation est à l'origine de l'accroissement de la déforestation aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de ces aires protégées malgré la mise en place de diverses mesures de protection (Goné *et al.*, 2013).

La forêt classée du Haut-Sassandra (FCHS), qui était l'une des forêts les mieux protégées, n'échappe pas à cette déforestation. Même si elle semble avoir mieux résisté à la déforestation pour finalement constituer l'une des dernières forêts permanentes spatialement cohérentes, la FCHS enregistre des phases de dégradations internes et externes inquiétantes (Assalé *et al.*, 2016). Cette dégradation s'est accentuée durant la décennie de crise politico-militaire qu'a connue la Côte d'Ivoire. En effet, de nombreuses études ont montré que durant cette décennie de crise, la FCHS a connu une infiltration massive de populations (Sangne *et al.*, 2015 ; Kouakou *et al.*, 2017). Selon Barima *et al.* (2016), la FCHS a perdu plus de 70 % de sa couverture forestière au profit de la cacaoculture. Aussi, les études menées par Zanh *et al.* (2018), ont montré que la périphérie de cette forêt classée était en situation de saturation foncière.

Dans ce contexte, la principale question est de savoir si la rareté des terres observée à la périphérie n'a pas contribué à la dégradation de la FCHS.

Pour répondre à cette question, la présente étude s'est fixée pour objectif général de comprendre la dynamique d'occupation du sol de la FCHS et de sa périphérie.

Il s'agit, de manière spécifique, de :

- cartographier les types d'occupation du sol de la FCHS et de sa périphérie de 1997 à 2018 ;
- analyser la dynamique spatio-temporelle de la FCHS et de sa périphérie de 1997 à 2018;
- déterminer les processus de transformation spatiale opérés dans les classes d'occupation du sol de la FCHS et de sa périphérie aux différentes dates de l'étude.

L'hypothèse de cette étude stipule que l'accroissement des activités anthropiques à la périphérie de la FCHS a occasionné des modifications au niveau du paysage.

Outre l'introduction et la conclusion suivies de recommandations et de perspectives, ce document est subdivisé en trois parties. La première partie est consacrée aux généralités sur quelques notions de la télédétection et de l'écologie du paysage ainsi que les généralités sur la zone d'étude. La deuxième partie décrit le matériel utilisé et la méthodologie adoptée. La troisième partie présente les résultats obtenus ainsi que leur discussion.

PARTIE I : GENERALITES

1-1- Présentation de la zone d'étude

1-1-1- Situation géographique

La Forêt Classée du Haut-Sassandra (FCHS), créée 1974, est située dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, entre 6°52' et 7°24' de latitude Nord et 6°59' et 7°10' de longitude Ouest (Figure 1). Elle est à environ 60 km à l'Ouest de Daloa et à cheval sur la région du Haut-Sassandra à l'Est et la région du Tonkpi à l'Ouest. Cette forêt est limitée à l'Ouest par le fleuve Sassandra qui s'étend sur environ 650 km de longueur. A sa création, elle couvrait, une superficie d'environ 102 400 hectares et à la faveur d'un reclassement des populations riveraines, ce massif forestier ne couvre aujourd'hui que moins de 100 000 ha (Sodefor, 1994).

Au niveau de la périphérie, les travaux se sont déroulés à moins de 10 km autour de la FCHS sur une zone couvrant onze (11) localités dont deux villages (Gbeulibly et V12) et neuf campements (Djarabanan, N'doliYaokro, Kouassikro, Petit Bouaké, N'Gorankro, Kouamékro, Bloc 14, Tchèlèkro et Yaokonankro).

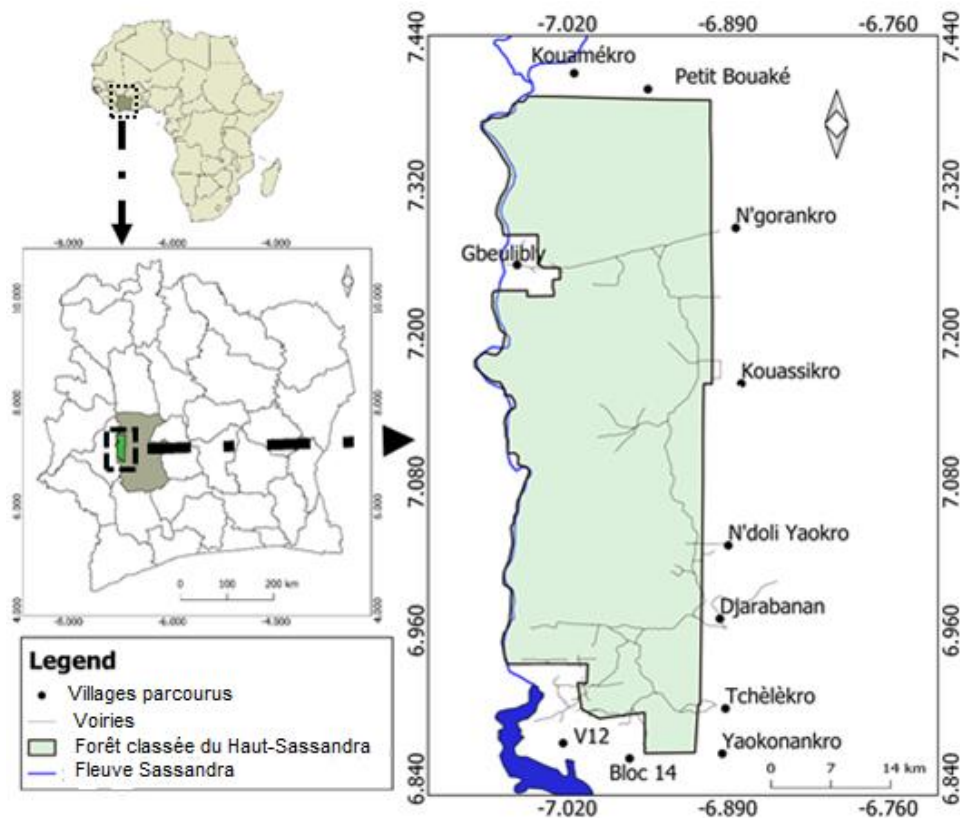


Figure 1 : Localisation de la forêt classée du Haut-Sassandra et sa périphérie (Zanh *et al.*, 2019)

1-1-2- Description du milieu abiotique

1-1-2-1- Relief et sol

Les travaux de Avenard (1971), ont montré que la FCHS et sa périphérie appartiennent à la région des glacis de l'Ouest ivoirien. Des glacis aplanis indifféremment établis sur schistes ou sur granites s'abaissent de 300 vers 200 m d'altitude et s'étendent sur la majeure partie de cette forêt. Le sol appartient également au groupe des sols ferrallitiques remaniés (Perraud & De La Souchère, 1970).

1-1-2-2- Climat

Notre zone d'étude est marquée par un climat moyen humide à deux saisons (Figure 2). Une saison sèche qui dure en moyenne quatre mois, entre novembre et février et une saison pluvieuse qui s'étend de mars à octobre avec une précipitation de 103,58 mm en août et une température maximale de 27,93°C en avril. Pendant cette saison, la température minimale est de 24,68°C en août et la pluviométrie minimale est de 69,17 mm en mars. Une opposition climatique est observée entre le Nord et le Sud de la forêt classée (Kouamé, 1998).

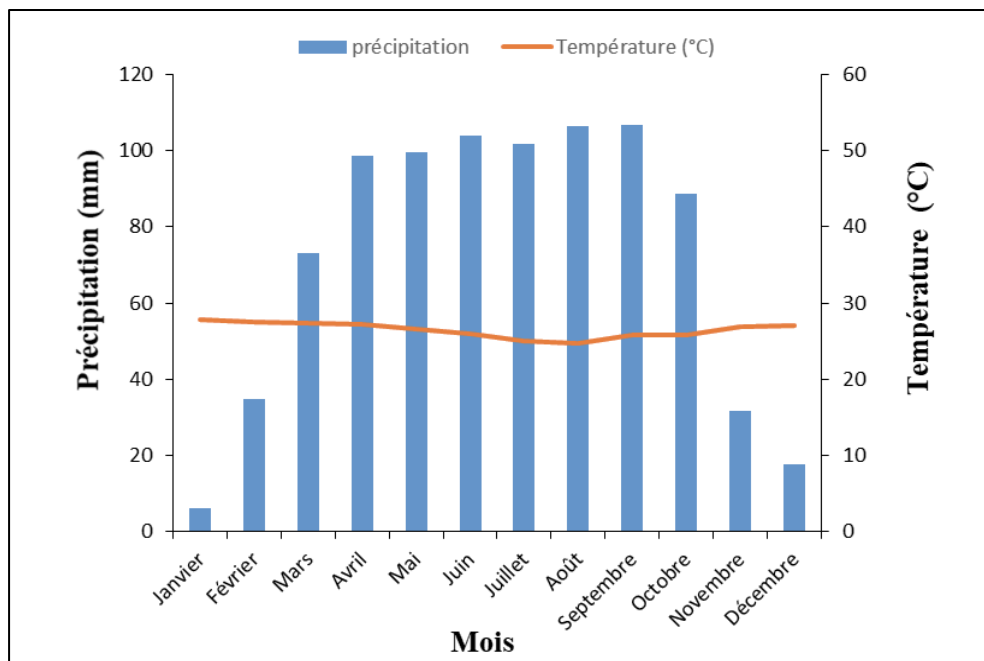


Figure 2 : Diagramme ombrothermique de la région du Haut-Sassandra de 1989 à 2019 (Source des données climatiques : www.tutiempo.net)

1-1-3- Description du milieu biotique

1-1-3-1- Végétation

La FCHS et sa périphérie appartient au secteur mésophile de la région Guinéo-Congolaise. Le paysage de la FCHS se compose d'éléments forestiers et de savane, notamment au nord, vers la ville de Séguéla (Kouamé, 1998). Cette forêt appartient dans sa majeure partie,

à la zone de forêt dense humide semi-décidue à *Celtis* spp. (Ulmaceae) et *Triplochiton scleroxylon* (Sterculiaceae) du secteur mésophile (Guillaumet & Adjanooun, 1971). Cette végétation est aujourd'hui, dominée par des cultures de rente, notamment les plantations cacaoyères (*Theobroma cacao* L.) et caféières (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) (Kouakou *et al.*, 2015)

1-1-3-2- Environnement humain

1-1-3-2-1- Populations

Les populations riveraines de la FCHS sont constituées d'autochtones, d'allochtones et d'allogènes. Les autochtones (originaires de la région) de la FCHS sont essentiellement constitués de Gouro, Kouya, Niédéboua au Nord et au Nord-Est, de Niaboua au Sud, de Guéré au Sud-Ouest et de Wobé au Nord-Ouest (Kouakou, 2019). Autour de la FCHS se rencontrent également les allochtones dominés par les Baoulés. La population allogène, quant à elle, est dominée par les ressortissants du Burkina Faso (Zanh *et al.*, 2016).

1-1-3-2-2- Activités économiques

Les populations riveraines de la FCHS ont pour activité principale l'agriculture. Cette agriculture est fortement basée sur les cultures pérennes dont la majeure partie est dominée par le binôme café-cacao auxquelles s'ajoutent les cultures de l'hévéa, du palmier à huile et de l'anacarde (Zanh *et al.*, 2018). Au niveau des cultures vivrières, les populations de la FCHS cultivent pour la plupart le riz, la banane plantain, le manioc, l'igname, le piment, l'aubergine, le gombo et le maïs (Kouakou, 2015). En plus de ces activités économiques, ces populations s'adonnent à la pêche et l'élevage (Kouakou, 2015).

1-2- Définition des concepts et travaux antérieurs

1-2-1- Occupation et utilisation des sols

Selon Turner *et al.* (1995), l'occupation des terres peut être définie comme étant la couverture physique de la surface terrestre. Elle peut être représentée par les zones de végétation (arbres, buissons, champs, etc.), les sols dénudés, les surfaces rocheuses (bâtiments, roches...), les surfaces humides et les plans d'eau (nappes et cours d'eau, zones inondables) (Di Gregorio & Jansen, 1997). Cette description a des répercussions sur les systèmes de classification, de collecte des données et les systèmes d'information. L'occupation des sols est « observée » par différentes « sources d'observation » situées à plus ou moins une grande distance de la surface terrestre : l'œil humain, les photographies aériennes, les sondes satellites. L'utilisation du sol est la transformation par l'homme des milieux « naturels » en un environnement aménagé

(Thériault *et al.*, 2011). Elle implique donc le volet socio-économique selon l'exploitation que l'on fait de la couverture donnée (Brown & Duh, 2004). Par ailleurs, un changement d'occupation des sols peut consister en une conversion (passage de la forêt à la culture) ou une modification (densité d'arbres d'une forêt) (Bamba, 2010).

1-2-2- Cartographie

La cartographie se définit comme « l'ensemble des études et des opérations scientifiques et techniques, intervenant dans l'établissement des cartes ou des plans à partir de résultats d'observations directes ou de l'exploitation d'une documentation préexistante » (Sadda, 2014). Son avantage est de modéliser chaque entité étudiée afin d'aboutir à un document de synthèse mettant en exergue les éléments essentiels à des fins analytiques. Grâce au développement actuel des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG), la cartographie s'est informatisée (Sadda, 2014). En effet, cette nouvelle technique de gestion offre la possibilité d'exploiter le maximum d'informations pertinentes à diverses échelles.

1-2-3- Notion de télédétection

1-2-3-1- Définition

La télédétection peut être définie au sens large comme l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci (Kergomard, 2004) (Figure 3). La capture des images se fait à l'aide de vecteurs (pigeon, cerfs-volants, ballons, avions, fusées, hélicoptères, satellites, etc.) portant des capteurs (caméras, radars, etc.).

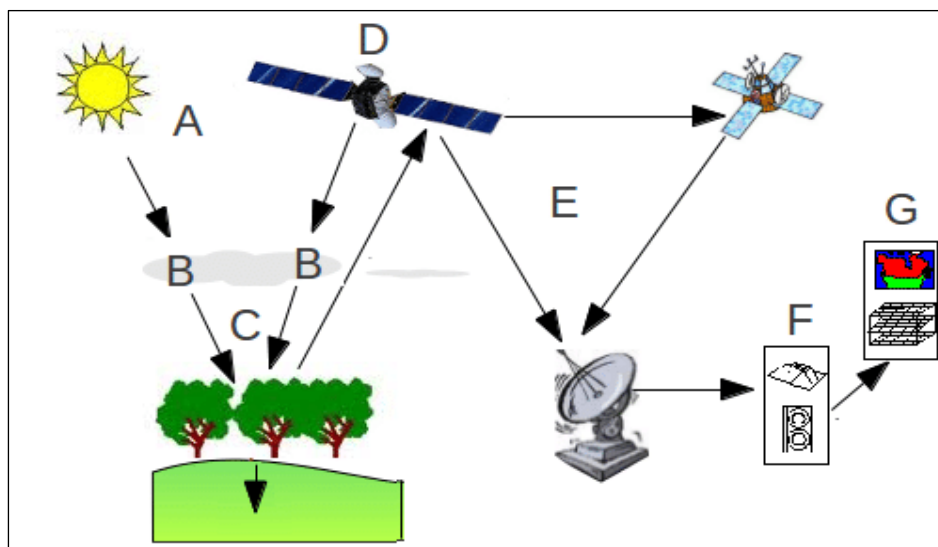


Figure 3 : Principe de la télédétection spatiale (Grimene, 2018)

(A) source d'énergie ; (B) atmosphère ; (C) cible ; (D) capteur ; (E) transmission, réception et traitement ; (F) interprétation et analyse ; (G) Application.

1-2-3-2- Domaines d'application de la télédétection

La télédétection offre une importante source de données pour étudier les changements spatiaux et temporels des paramètres environnementaux. Elle peut fournir des informations synoptiques pour le suivi des zones géographiques inaccessibles (Gond & Brognoli, 2005). L'imagerie satellitaire peut être utilisée dans plusieurs domaines. Selon Kergomard (2004), la télédétection intervient dans trois principaux domaines. D'abord, au niveau de l'atmosphère (climatologie et météorologie) où elle permet d'assurer une couverture globale et répétée de toute la planète entière. Par contre, la résolution spatiale n'est pas primordiale pour les applications météorologiques. Ensuite, en océanographie, l'imagerie satellitaire donne une vue générale de vastes régions qu'il est impossible d'obtenir par les moyens traditionnels (bateaux). Pour certaines études à petite échelle, les données des satellites météorologiques sont largement utilisées en océanographie (température de surface de l'océan). Enfin, au niveau terrestre, les champs d'applications de la télédétection sont divers et ne cessent de s'élargir. Elle intervient au niveau de la cartographie, la géologie, la prospection minière, la surveillance des cultures et du couvert forestier, l'urbanisme, l'aménagement, le génie civil, etc. En effet, le suivi des changements d'occupation et d'utilisation du sol tient une place de plus en plus importante dans l'analyse de la dynamique du système terrestre.

1-2-4- Ecologie du paysage

L'écologie du paysage est une discipline qui prend en compte l'espace de façon explicite, qui reconnaît l'homme comme partie intégrante du système écologique et qui reconnaît l'hétérogénéité spatiale et temporelle des milieux étudiés (Burel & Baudry, 1999 ; Baudry *et al.*, 2003). Elle est apparue dans les années 80 devant le constat du rôle des structures spatiales (taille des habitats, présence de corridors, lisière, etc.) sur la distribution des espèces (Risser *et al.*, 1984). Elle considère aussi qu'indépendamment de l'action de l'homme, tout paysage-lieu possède une morphologie, des fonctions et des évolutions diversifiées initialement abordables en se référant à ce concept de système écologique (Clignez, 2004).

L'écologie vise à établir les lois qui régissent non seulement les rapports entre les êtres vivants et leur environnement physico-chimique, mais aussi les relations développées entre les organismes eux-mêmes (Burel & Baudry, 2003).

De tout ce qui précède, l'écologie du paysage peut être considérée comme une discipline basée sur trois aspects fondamentaux : le rôle de l'homme, l'hétérogénéité spatiale et de vastes étendus d'analyse paysagère (MacGarigal & Marks, 1995).

1-2-4-1- Définition du concept « paysage »

Il existe plusieurs définitions du terme « paysage » conformément aux différentes disciplines et aux contextes de gestion (McGarigal & Cushman, 2002). La notion de paysage est donc complexe à appréhender.

Le paysage peut être défini comme la résultante d'une confrontation continue entre la société et son milieu. Il est alors « un niveau d'organisation des systèmes écologiques supérieur à l'écosystème qui se caractérise essentiellement par son hétérogénéité et par sa dynamique que gouvernent les activités humaines » (Vanpeene-Bruhier, 2003). La composante physique d'un paysage constitue la base sur laquelle s'appuient les activités anthropiques. Elles y agissent à l'état au travers de ses activités, l'homme produit des changements spatiaux du paysage, dont la structure actuelle est la résultante d'une dynamique évoluant dans le temps (Decamps & Decamps, 2004). Le paysage peut donc être considéré comme une mosaïque de milieux structurés (Vanpeene-Bruhier, 2003).

1-2-4-2- Composition du paysage

Les paysages sont composés d'éléments spatiaux (McGarigal & Cushman, 2002 ; Decamps & Decamps, 2007). La structure spatiale d'un paysage est considérée comme une mosaïque composée de trois éléments fondamentaux. Il s'agit de la matrice, de la tache et du corridor. La matrice constitue la partie la plus étendue et connectée du paysage. C'est le support qui va contenir les autres éléments (par exemple une forêt). En écologie du paysage, la matrice paysagère désigne généralement l'élément dominant d'un paysage donné, à une échelle donnée (Forman & Godron, 1986). Les matrices diffèrent les unes des autres, et certaines se révèlent plus accueillantes, au point de participer au fonctionnement des processus écologiques au même titre que les taches elles-mêmes (Beldjilali, 2016).

Les taches sont des mosaïques d'unités fonctionnelles, des surfaces, non linéaires, différentes par la nature de la matrice (Beldjilali, 2016). D'un point de vue écologique, les taches représentent des zones relativement distinctes du point de vue spatial et temporel dans des conditions environnementales relativement homogènes (McGarigal & Marks, 1995). Les taches peuvent largement varier en taille, en forme, en type, en hétérogénéité et en caractéristiques des frontières (Burel & Baudry, 2003).

1-2-5- Indice de structure spatiale

Les développements récents de l'écologie du paysage permettent de caractériser les paysages à partir d'une batterie d'indices quantifiés reposant sur l'analyse de la structure spatiale d'une zone quelconque (Hargis *et al.*, 1997). Les mesures de l'hétérogénéité, de la

fragmentation et/ou de la connectivité des espaces sont généralement utilisées et ont toutes des incidences établies sur le fonctionnement des écosystèmes (Baudry & Burel, 2000). Ces indices fournissent un moyen d'agrèger à différentes échelles, l'information sur la structure de l'occupation du sol (Wickham *et al.*, 2000). Ainsi, afin d'étudier les rapports entre la configuration du paysage et les processus écologiques, il est nécessaire de décrire ces structures en termes quantifiables. Ces mesures sont souvent un indicateur de l'impact humain sur la morphologie du paysage (Krummel *et al.*, 1987).

Pour chacune des classes d'indices (fragmentation, connectivité et hétérogénéité), la littérature fournit une multitude d'indices spécifiques. La question de la formulation la plus pertinente des indices utilisés est donc largement contingente au type de fonctionnement écologique étudié et/ou au type d'informations spatiales recueillies (Dumas *et al.*, 2005). La structure du paysage peut donc être mesurée soit en utilisant les statistiques et s'exprimer en termes d'unités de paysage (taille, forme, abondance, dispersion des taches), soit être traduite par le rapport spatial entre les taches d'un paysage et la matrice de ce même paysage (Farina, 2000 ; Bogaert & Mahamane, 2005). D'autres subdivisions séparent les mesures de configuration (mesurant la géométrie des taches et leur répartition spatiale) des mesures de la composition de paysage (proportion, richesse, équitabilité, dominance) (Bogaert & Mahamane, 2005). Les mesures de composition et de configuration sont des outils qui caractérisent les propriétés géométriques et spatiales d'une tache, ou d'une mosaïque de taches (Fortin, 1999).

1-2-6- Dynamique des paysages

La dynamique des paysages représente l'ensemble des modifications qui ont une influence sur la structure des paysages. D'après Burel & Baudry (1999), « si la structure des paysages peut changer, c'est toujours dans le cadre d'un milieu physique et d'un milieu socio-technique donné. Le paysage détermine, à un moment donné, les types d'éléments présents et leurs relations avec l'espace ».

L'un des éléments principaux est la végétation et sa dynamique, dont les successions végétales et les séries de végétation ont fait l'objet de nombreuses études. Ainsi, Cohen *et al.* (2003) avaient théorisé les successions végétales et le climax selon une conception organiciste qui stipule que l'évolution de la végétation dans son ensemble est comparable à celle d'un organisme, elle tend vers un état d'équilibre unique (monoclimax), déterminé par les conditions stationnaires régionales. Pour Rotar (2008), le « climax » est l'expression d'un « équilibre durable entre le climat d'une contrée, son sol et sa végétation ».

PARTIE 2 : MATERIEL ET METHODES

2-1- Matériel

2-1-1- Matériel de terrain

Le matériel technique était composé d'appareils ou d'instruments que sont :

- un GPS (Global Positionning System) pour l'enregistrement des coordonnées géographiques des classes d'occupation du sol prédéfinies ;
- un appareil photo numérique pour réaliser des prises de vue des différents milieux écologiques ;
- des fiches de relevés pour noter les informations utiles (classes d'occupation du sol, lieu et date de visite, superficie, etc) ;
- un outil informatique pour le traitement des données.

2-1-2- Données spatiales

Les données spatiales sont composées de cinq images satellitaires Landsat de 30 mètres de résolution datant de 1997, 2002, 2006, 2013 et 2018 (Tableau I).

Tableau I : Caractéristiques des images satellitaires

| Capteur | Date de capture | Identité de la scène | Résolution (m) |
|--------------------|-----------------|-----------------------|----------------|
| Landsat 5 TM | 06/02/1997 | LT51980551997037MPS00 | 30 |
| Landsat 7 ETM | 13/12/2002 | LE71980552002347EDC00 | 30 |
| Landsat 7 ETM+ | 08/12/2006 | L71198055_05520061208 | 30 |
| Landsat 8 OLI TIRS | 19/12/2013 | LC81980552013353LGN00 | 30 |
| Landsat 8 OLI TIRS | 07/04/2018 | LC81980552018047LGN00 | 30 |

2-1-3- Logiciels de traitement des données

Les logiciels de traitement de données sont composés de :

- ENVI 4.7 pour le traitement des données satellitaires ;
- QGIS (2.14) pour les analyses spatiales et la production cartographique ;
- Excel 2013 pour le traitement des données numériques, la production des graphiques ;
- Word 2013 pour la saisie du rapport final.

2-2- Méthodes

2-2-1- Acquisition des images satellitaires prétraitées

Les images satellitaires constituent un outil important dans la cartographie de l'occupation du sol. En effet, le choix d'un système de télédétection dans l'étude de l'occupation du sol est crucial. Il dépend à la fois des résolutions spatiale (taille du pixel au sol),

spectrale (nombre de bandes spectrales), temporelle (cycle d'enregistrement de données) et radiométrique (capacité à distinguer entre deux niveaux d'énergie voisins) (Sadda, 2014). Les images Landsats utilisées dans cette étude ont été téléchargées gratuitement sur le portail Earth explorer (<http://earthexplorer.usgs.gov/>).

2-2-2- Traitement des images avant la visite de terrain

2-2-2-1- Extraction de la zone d'étude

Le traitement des images satellitaires a débuté par l'extraction de la zone d'étude de la scène entière avec les images multispectrales Landsat. En effet, les images satellitaires téléchargées se présentaient sous forme d'une grande scène dans laquelle était contenue la zone d'étude. L'extraction a consisté d'abord à digitaliser le contour de la zone dont le fichier a été enregistré sous forme de fichier vecteur à extension EVF. Puis, un découpage des images a été réalisé en sélectionnant les parties qui correspondent à la même portion de l'espace à partir des coordonnées géographiques de la zone d'étude à partir du logiciel ENVI 4.7.

2-2-2-2- Composition colorée et interprétation visuelle des images

La composition colorée et l'interprétation visuelle des images ont été faites à partir des canaux vert, rouge et proche infrarouge fortement conseillées pour l'étude des couverts végétaux par les ouvrages spécialisés de télédétection (Girard & Girard, 1999). Ils permettent de faciliter l'extraction d'informations car les couleurs résultantes sont fonction des différents types d'occupations du sol (Sangne, 2009).

En effet, les données individuelles de chacune des trois bandes peuvent être représentées par des niveaux de brillance dans une image couleur. De plus, les variations dans les réponses spectrales des trois canaux apparaîtront comme des différences de couleur dans la composition colorée (Kouakou, 2019). Les compositions colorées fausses couleurs sur chacune des images avec les trois bandes ont été faites pour une meilleure distinction des classes d'occupation du sol, en mettant les bandes du proche infra-rouge dans le rouge, celles du rouge dans le vert et celles du vert dans le bleu. Ces bandes sont respectivement les bandes 5 (proche-infrarouge), 4 (rouge) et 3 (vert) pour le capteur OLI. Pour les images de Landsat 5 et 7, ce sont, entre autres, les bandes 4 (proche-infrarouge), 5 (moyen-infrarouge) et 3 (rouge).

Sur ces compositions colorées, plus la couleur est rouge, plus la végétation est dense. Les couleurs tendant vers le blanc traduisent l'absence de végétation et la présence de sol nu. La présence de l'eau est marquée par la couleur bleu (Kouakou, 2019).

2-2-2-3- Choix des sites à visiter

Le choix des sites à visiter sur le terrain s'est fait sur la base des différents types d'occupations du sol observés sur la carte de la composition colorée de 2018 en se servant des zones d'exploitation agricole identifiées grâce aux indices biophysiques, le réseau routier et les localités. La composition colorée a été importée sur le logiciel QGIS 2.14 sous le format "geo-tiff". Sur la carte de la composition colorée, les localités et le réseau routier ont été projetés. Ainsi, les sites de prospections liées à notre étude ont été définis. Dans chacun des sites, les coordonnées des occupations du sol ont été enregistrées dans un GPS pour permettre leur reconnaissance lors de la visite de terrain (Kpangui, 2015).

2-2-2-4- Visite de terrain

Sur la base des différentes compositions colorées des images satellites dont les dates de prises de vue s'approchent le plus de la campagne de terrain, une stratégie d'échantillonnage s'appuyant sur la couleur, la texture, la forme de l'objet géographique représentées sur les images satellites a été réalisée. Ainsi, cette visite a permis, à partir des prospections sur le site d'étude, de vérifier et de décrire les types d'occupations identifiés lors de la composition colorée. Les informations obtenues lors de cette visite de terrain ont servi à effectuer une classification dirigée afin de valider les différents traitements réalisés.

2-2-3- Traitement des images après la visite de terrain

2-2-3-1- Sélection des sites d'entraînement

Un site d'entraînement est un site de l'image dont l'occupation du sol est connue de l'utilisateur. Le choix des sites d'entraînement s'est fait en se basant sur des points GPS pris sur le terrain et en s'aidant des images de hautes résolutions. Pour ce faire, les sites présentant des signatures spectrales similaires suivant les classes considérées, ont été sélectionnées. Le choix des sites d'entraînement a été fait avec le logiciel ENVI 4.7. La sélection des sites a consisté, à travers des polygones, à déterminer les pixels qui caractérisent les différentes classes d'occupation du sol sur les images de la classification non supervisée ou sur les compositions colorées (Tonyé *et al.*, 1999). On affecte ensuite à chaque pixel un identifiant. Pour l'étape d'allocation des classes, on affecte, pour chaque pixel de l'image, la classe d'occupation du sol à laquelle il appartient selon l'algorithme choisi (Tonyé *et al.*, 1999).

2-2-3-2- Classification supervisée des images

La classification d'image est une méthode qui consiste à affecter à chaque objet de l'image une classe préalablement définie. La classification a d'abord été réalisée sur l'image de 2018

qui est la plus récente, sur la base de plusieurs sites d'entraînement déterminés à partir des visites de terrain. Par la suite, l'image classifiée de 2018 a servi à classifier les autres images (1997, 2002, 2006 et 2013) de la période de l'étude pour discriminer les différents types d'occupation du sol.

La classification supervisée utilise différents algorithmes dont le plus utilisé est celui de maximum de vraisemblance (Mather & Koch, 2011). Ce modèle de classification utilise les statistiques des sites d'entraînements afin d'estimer la probabilité de chaque pixel à être associé à une classe d'occupation du sol. Cette classification permet de calculer la probabilité d'un pixel d'appartenir à une certaine classe d'occupation du sol et donc de réduire les risques d'erreur de pixels mal classés en utilisant au mieux les probabilités d'appartenance (Oswald, 2005). Les classifications ont été faites sous le logiciel ENVI 4.7 et les résultats ont été exportés dans QGIS 2.14 pour l'élaboration des cartes.

2-2-3-3- Evaluation des classifications

Afin d'évaluer le plus objectivement possible, la qualité de l'extraction opérée et, par conséquent, les résultats obtenus à partir de cette extraction, nous avons procédé à un contrôle de qualité à travers le calcul d'une matrice de confusion (Foody, 2002). Cette matrice a été obtenue en comparant les données classifiées avec les données de référence collectées sur le terrain, différentes des sites d'entraînement qui ont servi à la classification. A partir de cette matrice, le coefficient de Kappa et la précision globale ont été aussi calculés. La précision globale de la classification supervisée donne la moyenne des pourcentages de pixels bien classifiés tandis que le coefficient de Kappa donne une estimation plus précise de la qualité de la classification (Congalton, 1991). En effet, selon Landis & Koch (1977), lorsque le coefficient de Kappa est supérieur ou égal à 0,83, la classification est excellente et lorsque sa valeur est comprise entre 0,61 et 0,80, la classification est dite bonne.

2-2-4- Analyses de la dynamique et transformation spatiale des paysages

2-2-4-1- Indices de végétation

L'étude de la végétation se base sur la différence spectrale qui existe entre les végétaux et les sols nus dans le visible, le proche infrarouge et le moyen infrarouge (Oszwald, 2005). En effet, les plantes absorbent fortement la lumière visible et très peu la lumière du proche infrarouge. Leurs propriétés optiques permettent de les distinguer de leur environnement. Ainsi, les bandes du rouge et du proche infrarouge sont les plus utilisées pour l'étude de la végétation (Xie *et al.*, 2008). Les indices de végétation ont donc été introduits dans le but de séparer la végétation verte des sols nus. Ce sont de bons indicateurs de la densité de la végétation ainsi

que de ses caractéristiques physiques et biologiques (Tonye *et al.*, 1999). Le calcul d'un indice de télédétection se révèle comme un paramètre indicatif de l'état de l'environnement et une source d'information potentiellement utile sur les milieux naturels. Les indices de télédétection synthétisent l'intensité d'un phénomène trop complexe pour être décrit par des paramètres simples et connus (Bannari *et al.*, 1995). Dès lors, leur utilisation requiert un examen attentif de la situation et une définition claire des renseignements que l'on souhaite extraire de l'image.

Il existe plus d'une vingtaine d'indices (Caloz & Collet, 2001). La réflectance de la végétation en milieu naturel est le résultat de nombreux facteurs et ses caractéristiques essentielles dépendant, d'une part, de la biomasse verte active et d'autre part, de la rugosité de la surface liée à la structure et à la quantité de cette végétation (Maxwell, 1983).

Dans la pratique, la plupart des indices de végétation reposent sur le fait que la végétation a une absorption maximale pour les longueurs d'ondes entre 0,45 μm et 0,6 μm à l'usage de la photosynthèse et qu'elle réfléchit une importante quantité d'énergie dans la partie proche infrarouge du spectre. Dans cette étude, nous avons calculé et comparé les Indices Différentiels Normalisés de Végétation (NDVI) des images considérées. Le NDVI est obtenu suivant l'équation 1 (Rouse *et al.*, 1974) :

$$\text{NDVI} = \frac{\text{PIR} - \text{R}}{\text{PIR} + \text{R}} \quad (1)$$

où PIR = proche infrarouge ; R = rouge.

La bande du proche infrarouge correspond à la bande 4 pour les images Landsat 4 à 7 et à la bande 5 pour les images Landsat 8. Les valeurs du NDVI sont comprises entre -1 et +1, les valeurs négatives correspondant aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme la neige, l'eau ou les nuages pour lesquelles la réflectance dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge. Les valeurs proches de 0 correspondent aux sols nus. Ces valeurs sont dues au fait que les réflectances des sols nus sont sensiblement du même ordre de grandeur dans le rouge et le proche infrarouge. Les formations végétales, quant à elles, ont des valeurs de NDVI positives, généralement comprises entre 0,1 et 0,7. Les valeurs les plus élevées correspondant aux couverts les plus denses (Meneses-Tovar, 2011).

2-2-4-2- Indices de structure spatiale et taux d'accroissement des proportions des classes d'occupation du sol

Le calcul des indices de paysage permet de détecter des changements entre deux périodes. Ainsi, dans le cadre de cette étude, certains indices de structure spatiale au niveau des classes d'occupation du sol ont été calculés : le nombre de taches et l'aire totale des classes d'occupation du sol.

Le nombre de taches (n_j) est défini comme la densité des taches (d) d'une classe d'occupation du sol divisé par l'étendue de la zone d'étude. Il n'est rien d'autre que la somme des différentes taches d'une classe d'occupation du sol, calculée à partir des tables d'attributs des images classifiées de 1997 à 2018. Le changement de cet indice entre deux périodes nous renseigne sur la fragmentation de la classe concernée (Davidson, 1998).

L'aire totale (a_{ij}) occupée par une classe d'occupation du sol quelconque, notée (j), est la surface totale occupée par l'ensemble des taches qui composent cette classe. Elle a été exprimée en kilomètre carré (km^2) et se calcule selon la formule ci-dessous :

$$a_{ij} = \sum_{i=1}^{n_j} a_{ij} \quad (2)$$

où a_{ij} représente la surface de la i -ème tache de la classe j .

2-2-4-3- Matrice de transition

Les matrices de transition sont élaborées pour décrire des changements d'utilisation des terres pendant une période donnée (Schlaepfer, 2002). Dans cette étude, elles ont permis de mettre en évidence les différentes formes de conversion qu'ont subies les classes d'occupations du sol entre 1997 et 2018. Le nombre X de lignes de la matrice indique le nombre de classes d'occupation du sol au temps t_0 (1997) ; le nombre Y de colonnes de la matrice est le nombre de classes d'occupation du sol converties au temps t_1 (2018) et la diagonale contient les superficies des classes d'occupation du sol restées inchangées. Les transformations se font donc des lignes vers les colonnes.

Les superficies de ces différentes classes d'occupation du sol ont été calculées à partir du croisement des cartes d'occupation du sol de 1997 à 2018 à l'aide du logiciel QGIS 2.14. Le taux du changement (T_c) de l'occupation du sol entre deux dates a été calculé pour chaque classe d'occupation du sol sur la base de la formule :

$$T_c = \frac{A_2 - A_1}{A_1} \times 100 \quad (3)$$

où A_1 et A_2 sont respectivement les superficies initiale et finale de la classe d'occupation du sol.

Une valeur positive de T_c indique une progression de la classe d'occupation du sol tandis qu'une valeur négative traduit une perte de l'occupation du sol au niveau de ladite classe. Une valeur proche de zéro indique que la classe concernée est relativement stable.

2-2-4-5- Analyse du processus de transformation spatiale

Une approche complémentaire pour analyser la dynamique structurelle de l'occupation du sol est d'étudier les processus spatiaux de transformation (Forman, 1997) en se basant sur la

surface des taches, leur périmètre et leur nombre (Bogaert *et al.*, 2004). Ces caractéristiques sont identifiées en tant qu'éléments principaux pour la description de la configuration paysagère par l'utilisation de l'algorithme « Arbre de décision » (Bogaert *et al.*, 2004) (Figure 4). Cette approche peut être justifiée par l'observation selon laquelle il y a un nombre limité de configurations ou géométries spatiales communes qui résultent des processus de transformation spatiale (Bogaert *et al.* 2004). Cet algorithme, qui utilise la surface, le périmètre et le nombre de taches pour déterminer les processus de transformation, a été adopté dans la présente étude pour mieux comprendre la dynamique spatiale du paysage entre 1997 et 2018. Ainsi, suivant cette approche dichotomique, dix processus de transformation spatiale ont été proposés (Bogaert *et al.* 2004).

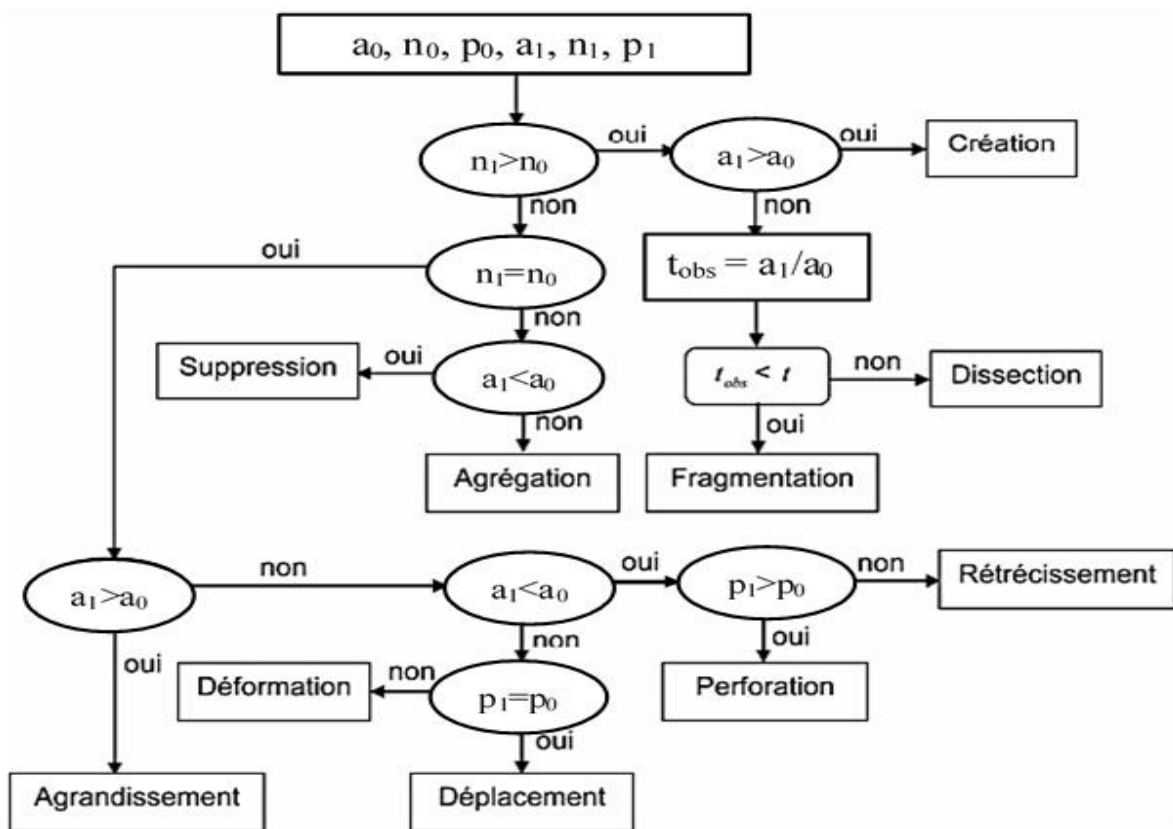


Figure 4 : Arbre de décision pour l'identification des processus de transformation spatiale (Bogaert *et al.*, 2004).

Premièrement, il faut déterminer la surface, le périmètre et le nombre de tâches du type considéré avant (a_0 , p_0 et n_0) et après (a_1 , p_1 et n_1) la transformation. Deuxièmement, le changement de chacune des trois caractéristiques est utilisé pour aboutir à un processus représentatif de la dynamique observée. Selon le modèle, il faut d'abord analyser l'évolution du nombre de tâches (comparaison de n_0 avec n_1). Par suite, le changement de la surface (comparaison de a_0 avec a_1) du type considéré mènera directement vers un des processus, ou indirectement via l'évolution du périmètre (comparaison de p_0 avec p_1). Afin de faire une distinction entre fragmentation et dissection, une valeur prédéfinie de diminution d'aire (t) est utilisée.

PARTIE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

3-1- Résultats

3-1-1- Occupation du sol de la forêt classée du Haut-Sassandra et sa périphérie

3-1-1-1- Qualité des classifications

Cinq classes d'occupation du sol ont été identifiées suite à la classification des images satellitaires de la forêt classée du Haut-Sassandra (FCHS) et sa périphérie : forêt, culture pérenne, culture-jachère, sol nu-habitat et eau (Figure 5). L'évaluation de la qualité des différentes classifications a montré que toutes les classes d'occupation du sol ont été relativement bien classifiées, avec une précision globale variant entre 87,6 % et 98,51 % et des coefficients de Kappa de 0,84 à 0,98 de 1997 à 2018 (Tableau II).

En 1997, 100 % des pixels de forêt et de sol nu-habitat ont été bien rangés et la plus grande confusion a été observée entre les cultures pérennes et les cultures-jachères avec 36,45 % des pixels de cultures pérennes classés en cultures-jachères. En 2002, on a observé une grande confusion entre les cultures pérennes et les cultures-jachères, avec une précision de classification de 36,12 % des pixels. Cette confusion a été également observée en 2006, avec une proportion moins importante des pixels (8,42 %) de cultures pérennes rangés en cultures-jachères (Tableau II). En 2013, les sols nus-habitats et l'eau ont eu les plus grandes précisions avec 100 % des pixels bien classés et la plus grande confusion a été observée entre la forêt et les cultures-jachères. Cependant, ce sont les pixels de forêt qui ont été rangés en cultures-jachères (Tableau II). De plus, les plus fortes précisions de classification ont été constatées en 2018, avec 100 % des pixels de cultures-jachères et d'eau bien rangés. La plus grande confusion a été remarquée entre les cultures pérennes et les cultures-jachères, avec 13,68 % des pixels de la première classe rangés en la seconde (Tableau II).

Par ailleurs, après validation des différentes classifications supervisées des images Landsats, cinq cartes d'occupation du sol de la FCHS et sa périphérie ont été obtenues en 1997, 2002, 2006, 2013 et 2018 couvrant la période de l'étude (Figure 5).

L'interprétation visuelle des cartes d'occupation du sol des années 1997 à 2018 révèle de façon générale une diminution des surfaces forestières au profit des surfaces de cultures (Figure 5). La dégradation du couvert forestier a débuté en zone rurale c'est-à-dire à la périphérie avant d'atteindre la FCHS en 2006. Les fortes réductions de forêt sont constatées entre 2006 et 2013. Ainsi, la période de 2006 à 2013 est marquée par une forte croissance des surfaces de cultures au sein de la FCHS.

Résultats et discussion

Tableau II : Matrice de confusion, précision globale et indice de Kappa issus de la vérification des classifications des images satellitaires de la FCHS et sa périphérie

| | 1997 | Forêt | Culture pérenne | Culture-jachère | Sol nu-habitat | Eau |
|------------------------------------|--------------|--------------|-----------------|-------------------|----------------|------|
| Forêt | 100 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,82 |
| Culture pérenne | 0,00 | 98,60 | | 39,45 | 0,00 | 0,00 |
| Culture-jachère | 0,00 | 1,40 | 60,55 | | 0,00 | 0,00 |
| Sol nu-habitat | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100 | | 0,00 |
| Eau | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100 | |
| Précision globale : 95,8 % | | | | | | |
| Coefficient de Kappa : 0,96 | | | | | | |
| | 2002 | Forêt | Culture pérenne | Culture-jachère | Sol nu-habitat | Eau |
| Forêt | 99,46 | | 0,00 | 0,61 | 0,00 | 1,05 |
| Culture pérenne | 0,08 | 92,12 | | 36,12 | 0,00 | 0,00 |
| Culture-jachère | 0,46 | 7,88 | 62,78 | | 0,00 | 0,10 |
| Sol nu-habitat | 0,00 | 0,00 | 0,49 | 100 | | 0,57 |
| Eau | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100 | |
| Précision globale : 87,6 % | | | | | | |
| Coefficient de Kappa : 0,84 | | | | | | |
| | 2006 | Forêt | Culture pérenne | Culture-jachère | Sol nu-habitat | Eau |
| Forêt | 100 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Culture pérenne | 0,00 | 91,58 | | 1,94 | 0,00 | 0,00 |
| Culture-jachère | 0,00 | 8,42 | 98,06 | | 2,20 | 0,00 |
| Sol nu-habitat | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 97,80 | | 0,00 |
| Eau | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100 | |
| Précision globale : 97 % | | | | | | |
| Coefficient de Kappa : 0,96 | | | | | | |
| | 2013 | Forêt | Culture pérenne | Culture – jachère | Sol nu-habitat | Eau |
| Forêt | 96,98 | | 0,56 | 1,21 | 0,00 | 0,00 |
| Culture pérenne | 0,00 | 99,44 | | 1,61 | 0,00 | 0,00 |
| Culture-jachère | 3,02 | 0,00 | 96,77 | | 0,00 | 0,00 |
| Sol nu-habitat | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100 | | 0,00 |
| Eau | 0,00 | 0,00 | 0,40 | 0,00 | 100 | |
| Précision globale : 98,51 % | | | | | | |
| Coefficient de Kappa : 0,98 | | | | | | |
| | 2018 | Forêt | Culture pérenne | Culture-jachère | Sol nu-habitat | Eau |
| Forêt | 96,43 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Culture pérenne | 3,57 | 86,32 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Culture-jachère | 0,00 | 13,68 | 100 | | 0,63 | 0,00 |
| Sol nu-habitat | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 99,37 | | 0,00 |
| Eau | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100 | |
| Précision globale : 97 % | | | | | | |
| Coefficient de Kappa : 0,97 | | | | | | |

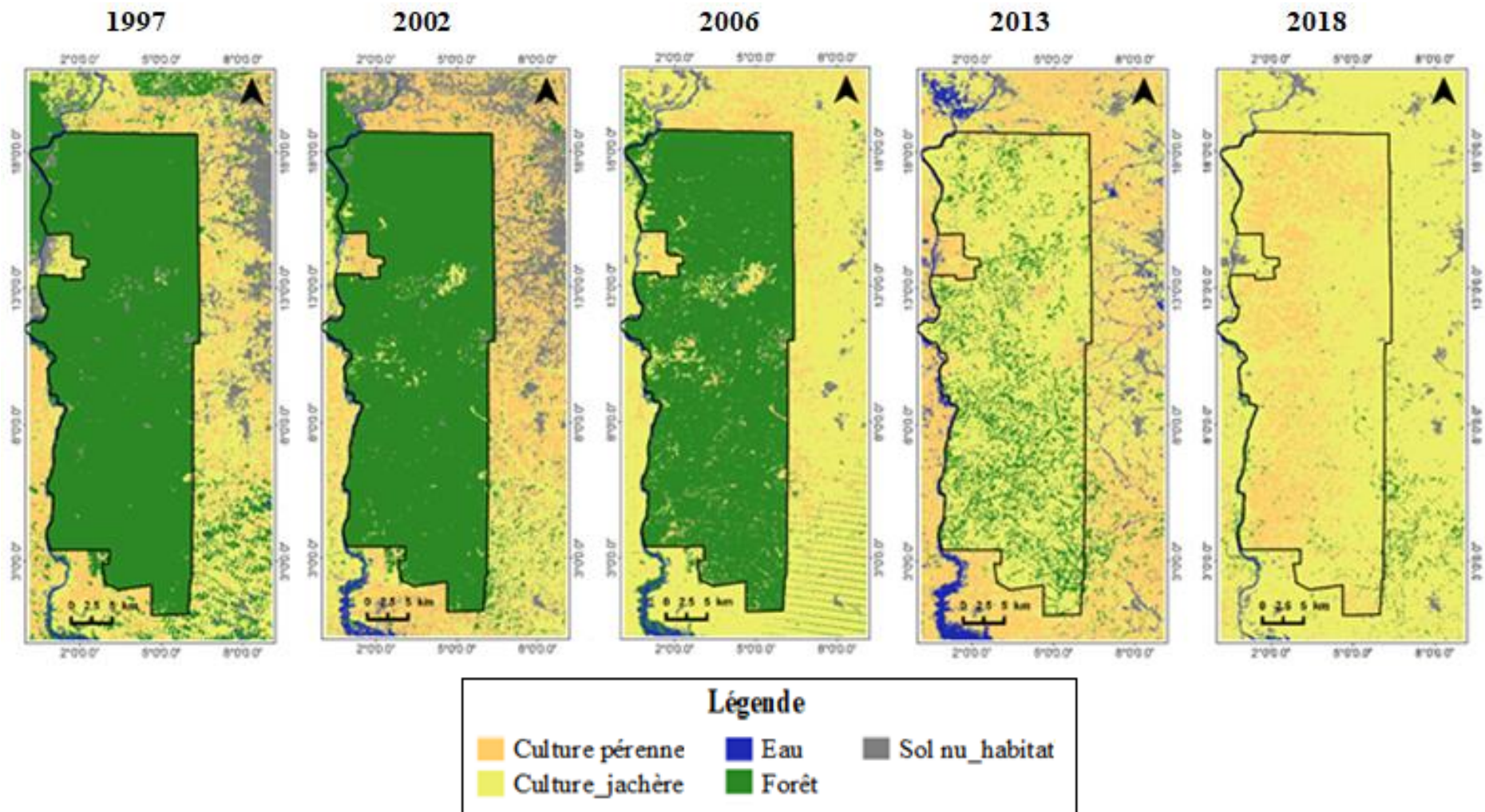


Figure 5 : Cartes d'occupation du sol de la FCCH et sa périphérie à partir d'images satellitaires de 1997 à 2018

3-1-1-2- Composition du paysage de la forêt classée du Haut-Sassandra et sa périphérie

Les proportions des classes d'occupation du sol de la FCHS et sa périphérie en 1997, 2002, 2006, 2013 et 2018 sont représentées à la figure 6. En 1997, le paysage de la FCHS était constitué en grande partie par la forêt avec 73,7 %. Les cultures-jachères et les cultures pérennes occupaient respectivement 19,8 % et 3,9 %. Par contre, le paysage de la périphérie était plus composé de cultures pérennes (environ 40 %). Quant aux cultures-jachères, la forêt, les sols nus-habitats et l'eau, ils occupaient respectivement 26,4 % ; 18,4% ; 13,4% et 2,2%.

Au cours de l'année 2002, le paysage de la FCHS était toujours dominé par la forêt (62,6%). Quant à la périphérie de la FCHS, elle était également toujours dominée par les cultures pérennes (43 %), tandis que les cultures-jachères, la forêt, les sols nus-habitats et l'eau occupaient respectivement 25,5 % ; 10 % ; 19,4 % et 2,1 % du paysage.

En 2006, la FCHS était encore dominée par la forêt avec une proportion de 52,7 %. Toutefois, les cultures-jachères occupaient une proportion importante (41,4 %). Les autres classes d'occupation du sol étaient faiblement représentées. Par contre, à cette même période, le paysage de la périphérie était dominé par les cultures-jachères (74,2 %). Les cultures pérennes, la forêt, les sols nus-habitats et l'eau, n'occupaient respectivement que 15 % ; 5 % ; 3,2 % et 2,6 % du paysage.

En 2013, le paysage de la FCHS était dominé par les cultures-jachères (56 %), suivie des cultures pérennes (25,5 %) et la forêt (14,7 %). Pourtant, le paysage rural de la FCHS était dominé principalement par les cultures pérennes (52,3 %), avec une réduction des cultures-jachères qui sont passées de 74,2 % en 2006 à 34 % en 2013. La forêt, les sols nus-habitats et l'eau n'occupaient respectivement que 3,7 % ; 7,3 % et 2,7 % du paysage.

En 2018, la composition du paysage de la FCHS était très différente de celle observée les années antérieures. En effet, la FCHS était largement dominée par les cultures-jachères avec un taux de 81,1 %. La présence de cultures pérennes (16,9 %) a été non négligeable. Comme l'intérieur, la périphérie de la FCHS était aussi largement dominée par les cultures-jachères avec une proportion de 86,2 %. Cependant, une légère augmentation des surfaces forestières (4 %) a été notée.

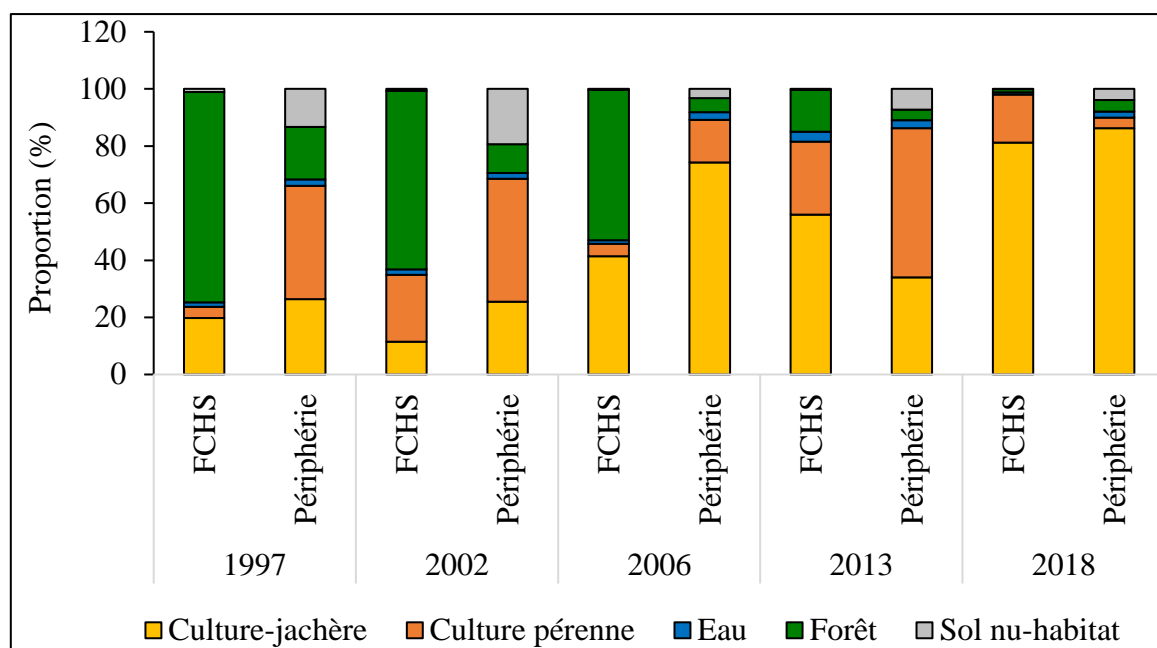


Figure 6 : Proportions des classes d’occupation du sol de la FCFS et sa périphérie de 1997 à 2018

3-1-2- Dynamiques d’occupation du sol dans la forêt classée du Haut-Sassandra et sa périphérie

3-1-2-1- Évolution de l’indice de végétation de la forêt classée Haut-Sassandra et sa périphérie

L’indice de végétation NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) montre que l’évolution du recouvrement de la végétation varie sur les différentes périodes de l’étude (Figure 7). Pendant la période de 1997 à 2002, la biomasse de la FCFS et de sa périphérie a connu une augmentation. La valeur maximale du NDVI (0,38) à la périphérie de la FCFS a été obtenue en 2002 et est proche de celle de la FCFS qui est de 0,39. Au sein de la FCFS ainsi qu’à sa périphérie, la période de 2002 à 2006 a été marquée par une forte régression de la biomasse avec des valeurs du NDVI variant respectivement de 0,39 à -0,40 et de 0,38 à -0,23. Pendant la période 2006 à 2013, il y a eu un changement de tendance. En effet, la biomasse de la FCFS ainsi que celle de la périphérie ont augmentés, passant respectivement de -0,40 à -0,16 et de -0,23 à 0,15 entre 2006 et 2013. Au sein de la FCFS, la période de 2013 à 2018 a été marquée par la diminution ; le NDVI est passé de -0,16 en 2013 à -0,26 en 2018. De même, la biomasse de la périphérie a connu une régression de 0,15 en 2013 à 0,03 en 2018.

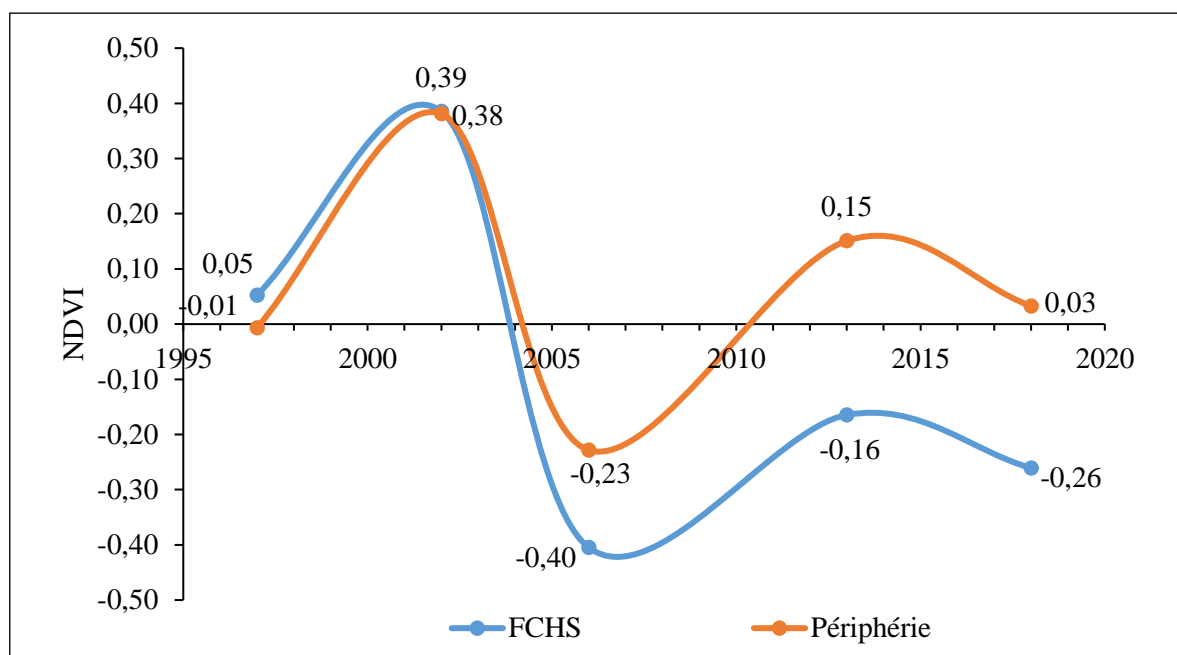


Figure 7 : Evolution du NDVI dans la FCCH et sa périphérie de 1997 à 2018

3-1-2-2- Changement au niveau des classes d'occupation du sol au sein de la forêt classée du Haut-Sassandra et de sa périphérie

La figure 8 présente le taux d'évolution des classes d'occupations du sol de 1997 à 2018 dans la FCCH et sa périphérie. L'analyse de cette évolution permet de mettre en évidence les changements intervenus durant la période d'étude.

Pendant la période allant de 1997 à 2002, la forêt, les cultures-jachères et les sols nus-habitats ont régressé dans la FCCH avec des taux respectifs de 1,54 % ; 32,71 % et 30,64 %. Par contre, les cultures pérennes ont connu une augmentation importante de 596,93 %. Au niveau de la périphérie de la FCCH, une régression des superficies des forêts et des cultures-jachères, respectivement de 46,61 % et de 35,84 % ont été notée. Cette période a été marquée par une augmentation des sols nus-habitats et des cultures pérennes avec des taux respectifs de 45,13 % et 62,3 %.

De 2002 à 2006, dans la FCCH, les cultures-jachères et les sols nus-habitats ont connu une progression de 306,42 % et de 54,42 %. Contrairement à la période précédente, les cultures pérennes ont subi une perte notable durant la période 2002 à 2006. Elles qui occupaient une superficie de 596,93 % (1997 à 2002) sont passées à 78,92 % entre 2002-2006. La forêt continue de régresser avec un taux d'évolution de 5,14 %. Cependant, l'évolution de la composition du paysage à la périphérie semble avoir été en faveur des cultures-jachères. Celles-ci ont enregistrées une augmentation de 181,52 %. Quant aux sols nus-habitats, à la forêt et aux cultures pérennes, une régression respective de 83,69 % ; 44,97 % et 66,47 % a été notée.

Pendant la période de 2006 à 2013, la dynamique de déforestation qui existait déjà dans la FCHS s'est accentuée. La forêt a connu une régression de 75,39 % correspondant à un taux de déforestation annuelle de 10,77 %. Ces différentes pertes de superficies se sont faites au profit des cultures pérennes et l'eau respectivement avec 412,57 % et 133,49 %. Les cultures-jachères ont régressé passant de 306,42 % (2002 à 2006) à 19,27 % (2006 à 2013). Au niveau de la périphérie de la FCHS, la forêt et les cultures-jachères ont connu une régression de leurs superficies avec des taux respectifs de 31,78 % et de 56,84 %. Les changements les plus remarquables ont été enregistrés au niveau des cultures pérennes, des sols nus-habitats et l'eau avec une progression de 244,67 % ; 123,71 % et 181,87 %.

Durant la période de 2013 à 2018, on observe une régression de la forêt avec un taux de 90,83 %. En effet, cette régression des surfaces forestières dans la FCHS correspond à un taux de déforestation annuelle de 18,16 %. Les cultures-jachères ont enregistré un gain de superficie de 79,03 %. Les cultures pérennes, les sols nus-habitats et l'eau ont connu une régression de leur superficie respective de 18,40 % ; 42,80 % et 71,79 %. Pourtant, à la périphérie de la FCHS, la forêt a connu une progression de 18,47 %, soit une reforestation annuelle de 3,69 %, contre une régression de 98,9 % pour les cultures pérennes et 79,78 % pour l'eau. Pour ce qui concerne les cultures-jachères et les sols nus-habitats, ils ont connus une augmentation de leur superficie respectivement de 152,99 % et de 90,2 % (Figure 8).

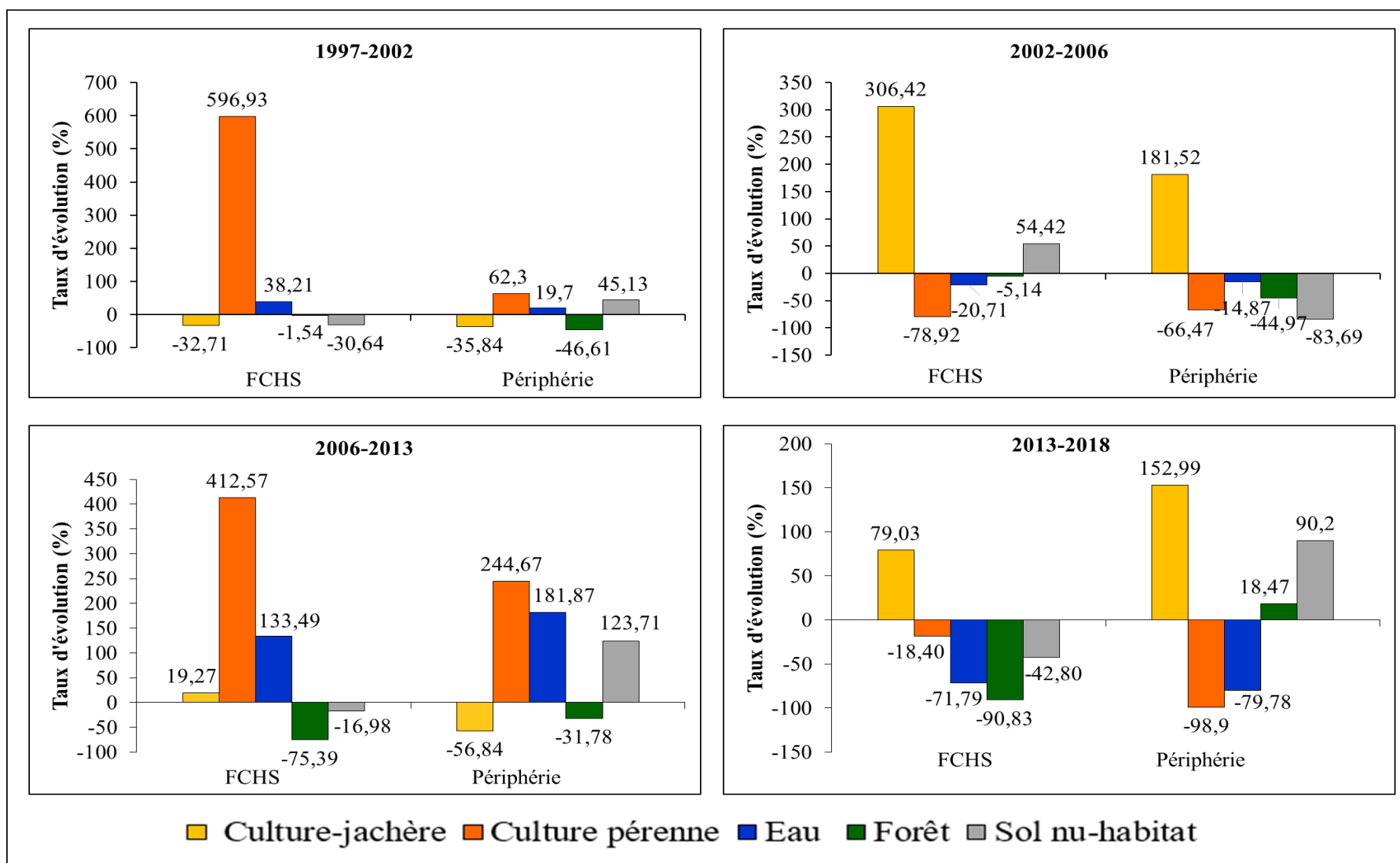


Figure 8 : Taux d'évolution des classes d'occupation du sol de la FCCHS et sa périphérie de 1997 à 2018

3-1-3- Transferts d'occupation du sol

3-1-3- 1- Transfert d'occupation du sol à l'intérieur de la forêt classée Haut-Sassandra

De façon générale, les indices de stabilité sont de très faibles valeurs indiquant une importante transformation du paysage. Cet indice est seulement de 2,16 ; 2,53 ; 1,14 et 0,72 respectivement pour les périodes de 1997-2002, 2002-2006, 2006-2013 et 2013-2018. Les matrices de transition permettant de montrer la dynamique d'occupation du sol pendant la période de 1997 à 2002 sont présentées dans le tableau III. En effet, le changement de la superficie totale d'une classe se fait en faveur ou au détriment d'une ou plusieurs autres classes. Ainsi, en 1997, la forêt dense qui était à cette époque la matrice de la FCHS avec 98,27 % est restée inchangée en 2002. Au cours de la période de 2002 à 2006, on constate que 95,8 % de la forêt est demeurée stable. Seulement, 4,2 % de cette forêt a été convertie en cultures-jachères et en cultures pérennes, respectivement de 2,8 % et 1,4 %. La plus grande transformation est observée au niveau des cultures-jachères et s'est faite au profit des cultures pérennes avec un taux de 40,3 %. Par contre, dans la même période, les transferts entre ces deux classes d'occupation du sol sont presque stables avec 33 % des cultures pérennes convertis aussi en cultures-jachères. Dans cette même période, 66,1 % des sols nus-habitats sont restées inchangés tandis que 32,7 % de sa proportion sont convertis en cultures-jachères.

Pendant la période de 2006 à 2013, la forêt a connu une stabilité de 23,3 % et la plus grande conversion de la forêt a été faite au profit des cultures-jachères avec une proportion de 72,6 %. Quant aux cultures pérennes, elles occupaient 4 % de forêt convertie. Cette période a été aussi marquée par une conversion des cultures pérennes dont 61,1 % sont convertis en cultures-jachères et 21,8 % de sa proportion est restées intactes (Tableau III). Au niveau de l'eau et des cultures-jachères, on y observe une progression de leur superficie de 12,2 % et de 14,1 % qu'à la période précédente avec des stabilités respectives de 97,9 % et 67,3 %. L'analyse de la dynamique de l'occupation du sol par la matrice de transition entre 2013 et 2018 révèle, de façon générale, une perte presque totale de la forêt avec 1,2 % de sa superficie restante. La forêt a été convertie au profit des culture-jachère (85,6 %) et des cultures pérennes (10,1 %). A cette même période les cultures pérennes ont connu une conversion importante de 70,5 % en faveur des cultures-jachères. Les sols nus-habitats ont enregistré une augmentation de leur superficie de 7,3 %.

Tableau III : Matrice de transition des classes d'occupation du sol et indice de stabilité du paysage de la FCHS de 1997 à 2018

| 1997 | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|-----------------|-----------------|----------------|--------------|--|
| 2002 | Forêt | Culture pérenne | Culture-jachère | Sol nu-habitat | Eau | |
| Forêt | 98,27 | 27,15 | 36,07 | 21,14 | 16,46 | |
| Culture pérenne | 0,05 | 55,00 | 8,85 | 0,07 | 0,00 | |
| Culture-jachère | 1,59 | 16,45 | 46,56 | 19,55 | 0,53 | |
| Sol nu-habitat | 0,07 | 1,40 | 8,42 | 59,20 | 0,07 | |
| Eau | 0,02 | 0,00 | 0,10 | 0,03 | 82,94 | |
| Total général | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| Indice de stabilité : 2,16 | | | | | | |
| 2002 | | | | | | |
| 2006 | Forêt | Culture pérenne | Culture-jachère | Sol nu-habitat | Eau | |
| Forêt | 95,8 | 9,1 | 6,1 | 0,5 | 13,3 | |
| Culture pérenne | 1,4 | 57,7 | 40,3 | 0,8 | 0,0 | |
| Culture-jachère | 2,8 | 33,00 | 53,2 | 32,7 | 0,6 | |
| Sol nu-habitat | 0,0 | 0,2 | 0,4 | 66,1 | 0,4 | |
| Eau | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 85,7 | |
| Total général | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| Indice de stabilité : 2,53 | | | | | | |
| 2006 | | | | | | |
| 2013 | Forêt | Culture pérenne | Culture-jachère | Sol nu-habitat | Eau | |
| Forêt | 23,3 | 15,6 | 13,5 | 0,1 | 0,2 | |
| Culture pérenne | 4,0 | 21,8 | 17,6 | 0,3 | 0,2 | |
| Culture-jachère | 72,6 | 61,1 | 67,3 | 43,5 | 1,7 | |
| Sol nu-habitat | 0,1 | 1,1 | 1,3 | 55,9 | 0,0 | |
| Eau | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 97,9 | |
| Total général | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| Indice de stabilité : 1,14 | | | | | | |
| 2013 | | | | | | |
| 2018 | Forêt | Culture pérenne | Culture-jachère | Sol nu-habitat | Eau | |
| Forêt | 1,2 | 0,4 | 0,2 | 0,0 | 1,9 | |
| Culture pérenne | 2,3 | 24,7 | 10,1 | 0,0 | 0,8 | |
| Culture-jachère | 85,6 | 70,5 | 84,5 | 36,8 | 53,30 | |
| Sol nu-habitat | 10,9 | 4,4 | 5,2 | 63,2 | 7,8 | |
| Eau | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 37,0 | |
| Total générale | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| Indice de stabilité : 0,72 | | | | | | |

Les valeurs en gras dans la diagonale de la matrice de transition expriment le pourcentage de stabilité des classes.

3-1-3- 2- Transfert d'occupation du sol à la périphérie de la forêt classée Haut-Sassandra

Le tableau IV donne les proportions des changements opérés entre les différentes classes d'occupation du sol entre 1997 et 2018 dans la zone d'étude.

Entre 1997 à 2002, la forêt occupait 35,78 % du paysage. 64,22 % de la superficie de cette forêt a été convertis dans les autres classes d'occupation du sol. Un taux important de transformation de la forêt en cultures-jachères a été observé, soit de 27,67 %. Les cultures-jachères occupaient 34,09 % du paysage durant cette même période. La superficie de cette classe a été convertie en cultures pérennes, sols nus-habitats, forêt et eau respectivement de 41,85 % ; 17,92 % ; 5,30 % et 0,84 %. S'agissant des sols nus-habitats, 63,18 % sont restés intacts tandis que 36,82 % de leur superficie a été convertis dans les autres classes d'. La plus grande conversion des sols nus-habitats a été observée au niveau des cultures pérennes de 24,33 %. Concernant les cultures pérennes, 72,93 % de leur superficie est resté inchangé, avec la grande conversion observée en faveur des cultures-jachères de 20,04 %.

Au cours de la période 2002 à 2006, 70 % de la forêt a été convertis dans les autres classes d'occupation du sol, soit 64,46 % ; 4,29 % ; 0,75 % et 0,56 % respectivement en cultures-jachères, cultures pérennes, eau et sols nus-habitats. Au niveau des sols nus-habitats, il y a eu un fort taux de régression observé sur cette période avec 85,48 % de conversion. 80,47 % de cette classe sont convertis en cultures-jachères, 3,76 % en cultures pérennes, 0,80 % en forêt. Pour les cultures pérennes, au cours de cette même période, 73,27 % de leur superficie a été répartis dans les autres classes avec 72,11 % en cultures-jachères, 1,04 % en forêt et 0,12 % en sols nus-habitats. Le plus faible taux de régression a été observé au niveau des cultures-jachères avec 12 % de proportion. Par contre, les cultures-jachères ont eu 87,94 % de leur superficie restée inchangée durant cette période.

Pendant la période 2006 à 2013, la proportion de la forêt est passée de 29,95 % à 12,28 %. Cette classe a connu un changement de plus de 85 % en faveur des autres classes. Les grandes proportions converties de forêt sont de 34,89 % ; 27,96 % ; 23,66 respectivement en cultures pérennes, cultures-jachères et eau. Au niveau des cultures-jachères, 34,34 % n'a subi aucun changement et 51,53 % ont été convertis en cultures pérennes, 6,78 % en sols nus-habitats, 4,30% en eau et 3 % en forêt, soit un taux de changement total de 65,66 %. Concernant les cultures pérennes, 67,06 % de leur superficie est restés inchangé et ont connu une régression de 32,94 % en faveur des autres classes d'occupation du sol avec une dominance de cultures-jachères (27 %). Pour les sols nus-habitats, 53,60 % de sa superficie n'a connu de changement durant la période 2006 à 2013 et a subi une régression de 46,41 % en faveur des autres classes

d'occupation du sol. La majeure partie de la proportion des sols nus-habitats a régressée au profit des cultures-jachères (34 %).

Au cours de la période 2013 à 2018, la régression de forêt a été faite en faveur des autres classes d'occupation, en particulier en cultures-jachères avec 82,81 %. Contrairement à la forêt, les cultures pérennes ont connu un taux de changement de 99,49 % et ont presque disparu dans le paysage de la zone d'étude. La plus grande conversion des cultures pérennes a été faite au profit des cultures-jachères avec une proportion de 89,24 % contre 7,54 en sols nus-habitats et 2,61 % en forêt. Pour les cultures-jachères, 87,04 % de leur superficie est resté tel et 12,96 % a été convertis en sols nus-habitats (10,95 %), en forêt (0,81 %), en cultures pérennes (0,77 %) et en eau (0,42 %). Concernant les sols nus-habitats, 61,51 % sont restés intacts et ont connu une régression de 38,80 % en faveur des cultures-jachères avec 38,40 % et des cultures pérennes avec 0,08 %. Pour l'eau, 20,45 % sont restés inchangés et a connu une régression de 79,80 % au profit des autres classes d'occupation du sol.

Tableau IV: Matrice de transition des classes d'occupation du sol et indice de stabilité du paysage de la périphérie de la FCHS de 1997 à 2018

| 1997 | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|-------------------|-----------------|----------------|--------------|
| 2002 | Forêt | Culture pérenne | Culture-jachère | Sol nu-habitat | Eau |
| Forêt | 35,78 | 2,84 | 5,30 | 2,41 | 3,29 |
| Culture pérenne | 19,93 | 72,93 | 41,85 | 24,33 | 1,88 |
| Culture-jachère | 27,67 | 20,04 | 34,09 | 9,38 | 11,72 |
| Sol nu-habitat | 14,31 | 4,18 | 17,92 | 63,18 | 3,24 |
| Eau | 2,31 | 0,01 | 0,84 | 0,70 | 79,87 |
| Total général | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Indice de stabilité : 1,33 | | | | | |
| 2002 | | | | | |
| 2006 | Forêt | Cultures pérennes | Culture-jachère | Sol nu-habitat | Eau |
| Forêt | 29,95 | 1,04 | 4,60 | 0,80 | 17,91 |
| Culture pérenne | 4,29 | 26,73 | 6,72 | 3,76 | 0,00 |
| Culture-jachère | 64,46 | 7211 | 87,94 | 8047 | 1,01 |
| Sol nu-habitat | 0,56 | 0,12 | 0,65 | 14,52 | 1,66 |
| Eau | 0,75 | 0,00 | 0,09 | 0,45 | 79,43 |
| Total général | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Indice de stabilité : 0,91 | | | | | |
| 2006 | | | | | |
| 2013 | Forêt | Culture pérenne | Culture-jachère | Sol nu-habitat | Eau |
| Forêt | 12,22 | 4,19 | 3,04 | 0,00 | 0,01 |
| Culture pérenne | 34,89 | 67,06 | 51,53 | 5,45 | 0,05 |
| Culture-jachère | 27,96 | 26,99 | 34,34 | 34,08 | 0,74 |
| Sol nu-habitat | 1,21 | 0,46 | 6,78 | 53,59 | 0,04 |
| Eau | 23,66 | 1,30 | 4,21 | 6,87 | 98,95 |
| Total général | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Indice de stabilité : 1,14 | | | | | |
| 2013 | | | | | |
| 2018 | Forêt | Culture pérenne | Culture-jachère | Sol nu-habitat | Eau |
| Forêt | 13,51 | 2,51 | 0,81 | 0,00 | 0,10 |
| Culture pérenne | 1,11 | 0,51 | 0,77 | 0,08 | 0,02 |
| Culture-jachère | 82,81 | 89,14 | 87,04 | 38,10 | 52,59 |
| Sol nu-habitat | 2,08 | 7,24 | 10,95 | 61,20 | 26,53 |
| Eau | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 20,20 |
| Total général | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Indice de stabilité : 0,58 | | | | | |

Les valeurs en gras dans la diagonale de la matrice de transition expriment le pourcentage de stabilité des classes.

3-1-4- Dynamiques de la structure spatiale et processus de transformation spatiale de la forêt classée du Haut-Sassandra et sa périphérie

En déterminant les processus de transformation spatiale qui ont eu lieu au sein de la FCCHS et à sa périphérie, on remarque que sur la période de 1997 à 2018, chacune des classes a été soumise à différents processus. Au cours des périodes de 1997 à 2002 et 2013 à 2018, la forêt de la FCCHS a connu une diminution du nombre de taches ainsi que de son aire totale des taches, donnant lieu à un processus de suppression des taches forestières (Figure 9 ; Tableau V). Contrairement à la FCCHS, la forêt de la périphérie a connu une augmentation du nombre de ses taches passant de 2839 à 3713 suivie d'une diminution de leur aire totale de 202,03 km² à 108,10 km² et de son périmètre total 2973,18 km à 2357,28 km. Ces paramètres conduisent à un processus de dissection sur la période de 1997 à 2002. Cependant, la période de 2013 à 2018 a été défavorable à la forêt dans la zone rurale de la FCCHS. Cette forêt a connu une régression de son nombre, de son aire totale ainsi que de son périmètre total des taches respectivement de 1520 à 719 ; 38,53 km² à 22 km² et 1021 km à 594 km conduisant à un processus de suppression. Au cours de la période de 2002 à 2006, dans la FCCHS, la forêt a été marquée par la dissection de ses taches qui s'est traduite par l'accroissement du nombre de taches qui est passé de 4 à 29 ainsi que du périmètre des taches de 681,72 km à 1780,92 km. L'aire totale des taches au cours de cette période diminue également, passant de 929,84 km² à 892,23 km² (Figure 9). Pendant cette même période, la forêt de la périphérie de la FCCHS, a subi une forte pression conduisant à un processus de suppression des taches. Cette période a été moins favorable à la forêt. En effet, ce processus est indiqué par une réduction aussi bien du nombre que de l'aire totale des taches (soit de 3713 à 1326 et de 108,10 km² à 54,98 km² respectivement en 2002 et 2006). La suppression des taches est aussi confirmée par la réduction du périmètre total des taches passant 2357,28 km en 2002 à 1225,68 km en 2006. La période de 2006 à 2013 a été marquée par une importante perte de la superficie de forêt au niveau de la FCCHS. Le nombre de taches forestières a été multiplié de plus 90, il est passé de 29 à 2739. Pourtant, on observe une régression de moins de la moitié de l'aire totale des taches soit 892,23 km² en 2002 et 216,51 km² en 2013. L'évolution de ces indices donne lieu à un processus de fragmentation des taches de forêt (Figure 9 ; Tableau V). Le processus qui a eu lieu au niveau de la forêt dans la périphérie de la FCCHS est une dissection. Ce processus de dissection est confirmé par un accroissement du nombre de taches de 1326 en 2006 à 1520 en 2013 suivie d'une diminution de l'aire totale ainsi que du périmètre total des taches.

Contrairement à la forêt, au sein de la FCCHS, les cultures pérennes ont connu un processus de création qui a eu lieu pendant les périodes de 1997 à 2002 et de 2002 à 2006. Ce processus

est confirmé par une augmentation du nombre de taches (de 91 à 134 et de 134 à 1509), de l'aire totale (de 1,05 km² à 1,58 km² et de 1,58 km² à 21,99 km²) ainsi que du périmètre total des taches (de 43,68 km à 71,16 km et de 71,16 km à 804 km) respectivement sur les périodes de 1997 à 2002 et 2002 à 2006. Par contre, à la périphérie, on remarque au niveau des cultures pérennes, sur le période de 1997 à 2002 un processus d'agrégation des taches et un processus de fragmentation des tâches sur la période 2002 à 2006. Le processus d'agrégation est déterminé par une réduction du nombre de tâches passant de 2978 à 2270 entre 1997 à 2002. On y remarque aussi une augmentation de l'aire totale et du périmètre total des taches (Figure 9). Le processus de fragmentation donne lieu à une augmentation du nombre de tâches de 2270 en 2002 à 2620 en 2006. Tandis qu'on observe une régression de l'aire totale ainsi que du périmètre des taches. Au cours des périodes 2006 à 2013 et 2013 à 2018, au sein de la FCHS, les cultures pérennes ont connu une diminution du nombre de ses taches, suivie d'une augmentation de l'aire du périmètre totale de celles-ci, donnant lieu à un processus d'agrégation des taches. De même, les cultures pérennes à la périphérie de la FCHS, ont connu un processus d'agrégation de ces taches de 2006 à 2013. Ce processus est déterminé par une réduction du nombre de tâches passant de 2620 à 1994. On y remarque aussi une augmentation de l'aire totale et du périmètre total des taches. Mais sur la période 2013 à 2018, les taches de cultures pérennes ont connu une régression de leur nombre et de leur superficie d'où un processus de suppression (Tableau V).

Au niveau des cultures-jachères, les processus de transformation enregistrés dans notre zone étude ont été la création, la suppression, la fragmentation et l'agrégation (Tableau VI). Au cours des périodes 1997 à 2002, de 2002 à 2006 et de 2013 à 2018, on observe au niveau de la FCHS, un accroissement du nombre et de l'aire totale des taches confirmant le processus de création de nouvelles taches sur ces différentes périodes. Ce processus de création est confirmé par une augmentation du périmètre total des taches sur les deux (2) premières périodes (1997 à 2002 et 2002 à 2006) et une diminution de celui-ci sur la période 2013 à 2018. Par contre, au niveau de sa périphérie, on assiste à un processus de suppression de 1997 à 2002 avec une diminution du nombre (2858 à 1892), de l'aire (433,22 km² à 277,68 km²) et du périmètre des taches (6774,48 km à 4034,88 km). Ensuite sur les périodes de 2002 à 2006 et 2013 à 2018, on enregistre un processus d'agrégation. Ce processus est confirmé par une régression du nombre de taches de 1892 à 743 (2002 à 2006) et 4212 à 137 (2013 à 2018) suivie d'une augmentation de l'aire totale des taches sur ces deux (2) périodes. Pendant la période de 2006 à 2013, on assiste à l'agrégation des taches de cultures-jachères. Cette agrégation est confirmée par la régression du nombre de taches de 1528 en 2006 à 100 en 2013. Cependant, on y remarque une

forte croissance de l'aire totale des taches passant de 38,64 km² à 689,10 km² et du périmètre total de 1142,58 km à 4786,62 km de 2006 à 2013 (Figure 9 ; Tableau V). Autant dire qu'à la périphérie, les taches de cultures-jachères ont été fragmentées. Cette fragmentation a conduit à une augmentation drastique du nombre de taches qui était de 743 en 2006 et 4212 en 2013. Ce processus est aussi confirmé par un accroissement du périmètre total des taches (4379,52 km en 2006 à 6636 km en 2013) suivie d'une diminution de l'aire totale des taches passant de 814,26 km² à 355,11 km² entre 2006 et 2013.

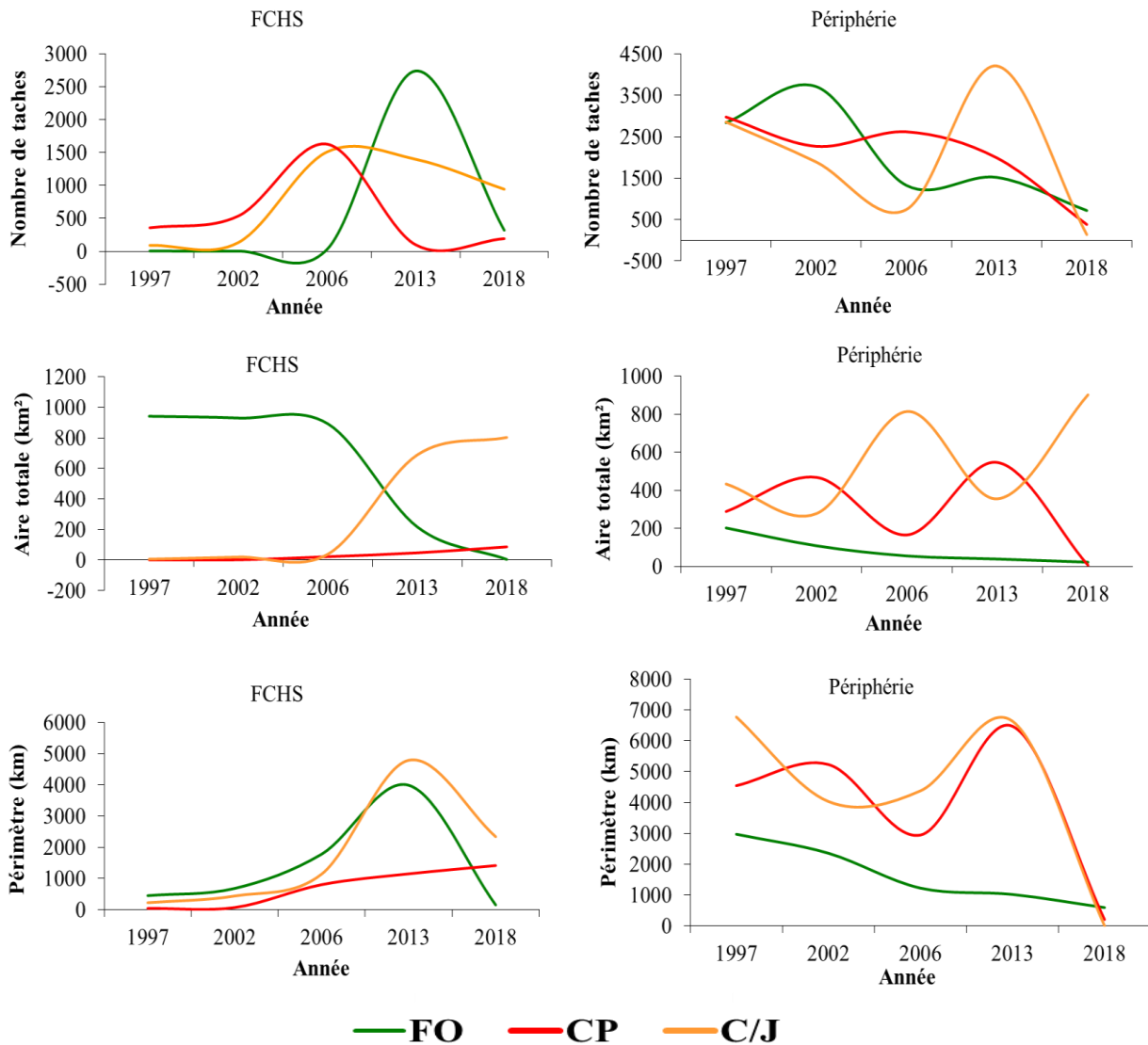


Figure 9 : Indices de structures spatiales de la FCHS et sa périphérie de 1997 à 2018 (FO : Forêt, CP : Culture pérenne, C/J : Culture-jachère)

Tableau V : Processus de transformation spatiale des classes d'occupation du sol de la FCHS et de sa périphérie de 1997 à 2018

| | | Année | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| | | 1997-2002 | | 2002-2006 | | 2006-2013 | | 2013-2018 | |
| Classes d'occupation du sol | Indices de structure | FCHS | Périphérie | FCHS | Périphérie | FCHS | Périphérie | FCHS | Périphérie |
| Forêt | np | np2002<np1997 | np2002>np1997 | np2006>np2002 | np2006<np2002 | np2013>np2006 | np2013>np2006 | np2018<np2013 | np2018<np2013 |
| | a | a2002<a1997 | a2002<a1997 | a2006<a2002 | a2006<a2002 | a2013<a2006 | a2013<a2006 | a2018<a2013 | a2018<a2013 |
| | p | p2002>p1997 | p2002<p1997 | p2006>p2002 | p2006<p2002 | p2013>p2006 | p2013<p2006 | p2018<p2013 | p2018<p2013 |
| | PTS | Suppression | Dissection | Dissection | Suppression | Fragmentation | Dissection | Suppression | Suppression |
| Culture pérenne | np | np2002>np1997 | np2002<np1997 | np2006>np2002 | np2006>np2002 | np2013<np2006 | np2013<np2006 | np2018<np2013 | np2018<np2013 |
| | a | a2002>a1997 | a2002>a1997 | a2006>a2002 | a2006<a2002 | a2013>a2006 | a2013>a2006 | a2018>a2013 | a2018<a2013 |
| | p | p2002>p1997 | p2002>p1997 | p2006>p2002 | p2006<p2002 | p2013>p2006 | p2013>p2006 | p2018>p2013 | p2018<p2013 |
| | PTS | Création | Agrégation | Création | Fragmentation | Agrégation | Agrégation | Agrégation | Suppression |
| Culture- jachère | np | np2002>np1997 | np2002<np1997 | np2006>np2002 | np2006<np2002 | np2013<np2006 | np2013>np2006 | np2018>np2013 | np2018<np2013 |
| | a | a2002>a1997 | a2002<a1997 | a2006>a2002 | a2006>a2002 | a2013>a2006 | a2013<a2006 | a2018>a2013 | a2018>a2013 |
| | p | p2002>p1997 | p2002<p1997 | p2006>p2002 | p2006>p2002 | p2013>p2006 | p2013>p2006 | p2018<p2013 | p2018<p2013 |
| | PTS | Création | Suppression | Création | Agrégation | Agrégation | Fragmentation | Création | Agrégation |

np = nombre de taches de la classe, a = aire totale de la classe, p = périmètre total de la classe, et PTS = processus de transformation spatiale

3-2- Discussion

3-2-1- Concept de détection de changements dans l'occupation des terres

L'approche cartographique de l'occupation du sol à partir d'une série de classification de cinq images satellitaires Landsat TM (1997), ETM (2002), ETM+ (2006) et deux images Landsat OLI TIRS (2013 et 2018) de 30 mètres de résolution chacune couplée à une vérité terrain a permis d'établir les cartes d'occupation du sol et d'analyser la dynamique du paysage de l'espace rural de la forêt classée du Haut-Sassandra. Ces classifications par l'algorithme du maximum de vraisemblance ont permis d'obtenir des valeurs de précision globale hautement appréciables pour toutes les images si l'on se réfère à l'échelle de Pointus (2000) et de Kabba & Li (2011), avec des valeurs du coefficient de Kappa compris entre 0,84 et 0,98. Ces valeurs élevées du coefficient de Kappa s'expliqueraient par la bonne connaissance du milieu d'étude (Trepanier *et al.*, 2002 ; Toyi *et al.*, 2018). Toutefois, les précisions cartographiques élevées peuvent également être dues au nombre réduit de classes utilisées lors des choix des sites d'entraînement (Mama *et al.*, 2014).

Cependant, parmi les types d'occupation du sol mis en évidence, des confusions spectrales ont été signalées entre les cultures pérennes et les cultures-jachères. Les plus grandes confusions qui ont été repérées entre ces deux classes pourraient s'expliquer d'une part, par le fait que les signatures spectrales de ces deux types d'occupations du sol sont relativement proches l'une de l'autre, d'autre part, par le fait que les cultures pérennes (café et cacao) non entretenues sont abandonnées pour coloniser de nouvelles terres forestières en vue d'une augmentation de leur productivité (Zanh *et al.*, 2018).

Aussi, à partir de ces images Landsat, la présente étude a permis de montrer l'importance de la télédétection et de l'écologie du paysage dans la compréhension de la structure paysagère de la forêt classée de la FCHS et ses environs. A cet effet, de nombreux indices ont été proposés (Burel & Baudry, 2003). Dans le cas de cette étude, les indices découlant directement de la définition de la fragmentation ont été utilisés. En écologie du paysage, la fragmentation surtout forestière est devenue un thème de recherche très important pour la conservation (Mouhamadou *et al.* 2012). Elle est spécifique des milieux naturels notamment les forêts (Bogaert *et al.*, 2011). En effet, la fragmentation entraîne une réduction de l'aire totale et une augmentation du nombre de tache (Davidson, 1998). Aussi, en plus de ces indices, le périmètre des taches a été pris en compte pour étayer la diminution de l'aire des taches (Mama *et al.*, 2014). Par ailleurs, à travers la matrice de transition et l'indice de stabilité, l'évolution du couvert végétal dans chacune des zones a été mise en évidence. En effet, la matrice de transition permet d'analyser les changements dans la composition du paysage, tandis que l'indice de stabilité permet quant à

lui, de juger de la permanence du paysage initial (Bogaert *et al.*, 2014). Les processus spatiaux de transformation de la couverture végétale ont permis de comprendre que les activités anthropiques constituent le principal facteur potentiellement responsable de ce changement. Les travaux de Barima (2009) ont également confirmé l'importance de ces méthodes dans l'étude de la dynamique paysagère.

3-2-2- Analyse des dynamiques de l'occupation du sol

L'analyse de la dynamique spatio-temporelle des unités d'occupation du sol de la FCHS et de sa périphérie montre une régression de la superficie de la formation forestière en faveur des formations anthropisées. Les résultats obtenus montrent l'ampleur et le rythme d'évolution des cultures sur la forêt entre 1997 et 2018. La forêt a connu une régression de 1997 à 2018. Cette perte du couvert végétal pourrait s'expliquer par l'infiltration de la population au sein de la FCHS pendant et après les années de crise qu'a connue la Côte d'Ivoire. Des études menées dans la FCHS ont démontré que cette forêt a subi une importante déforestation due à l'infiltration de la population riveraine et des migrants au cours de cette décennie de crise (Sangne *et al.*, 2015). De plus, Kouakou *et al.* (2017) a confirmé que la plupart de la population infiltrée dans la FCHS proviendrait principalement du Burkina-Faso à la recherche de terres arables pour l'agriculture. Par conséquent, cette forte migration a eu pour conséquence, la déforestation intense au sein de cette forêt domaniale. De plus, Zanh *et al.* (2018) ont démontré dans une étude réalisée à la périphérie de la FCHS qu'il y a une saturation foncière au niveau de cette zone et dont les surfaces cultivées ont occupé près de 80 % de la zone périphérique. En effet, les populations riveraines de la FCHS cherchant à coloniser de nouvelles terres arables pour leurs activités agricoles, ont infiltré la FCHS pour installer de vastes plantations ainsi que des campements. Par ailleurs, sur l'ensemble de la zone d'étude, on constate une extension des superficies des cultures. Cet accroissement des cultures est évalué à 7,85 % par an, laissent entrevoir que la pression foncière à la périphérie a favorisé la dégradation de la FCHS. Cette anthropisation de la zone d'étude pourrait aussi être liée à la facilité d'accès à la terre dans la zone périphérique et à l'exploitation illégale de la couverture forestière de la FCHS pour des activités agricoles. En effet, dans la majorité des cas, le processus de transfert des droits fonciers à la périphérie s'inscrit dans un jeu d'acteurs où l'argent constitue un des facteurs clés de validation des transactions en lieu et place de rapports sociaux (Abozan, 2016). Ainsi, Zanh *et al.* (2018) ont démontré que pendant la période de crise l'achat de terre est devenu le plus important parmi toutes les formes de transactions de terres à la périphérie de la FCHS avec un taux environ 70 %. Cependant, cette pression foncière a été aussi mise en évidence par la

cartographie qui montre une progression du front agricole entre 1997 et 2018. Ces résultats sont en conformité avec plusieurs travaux réalisés en Côte d'Ivoire dont ceux de Barima *et al.* (2009) dans la zone de transition forêt-savane et de Kouassi *et al.* (2012) dans le bassin versant de N'zi Bandama. Selon ces auteurs, la perte de la couverture forestière est principalement causée par les défrichements agricoles liés à la pression démographique. Nos résultats sont aussi confirmés dans d'autres pays d'Afrique de l'Ouest notamment au Burkina et au Bénin, dans les périphéries de la Réserve de la Biosphère Transfrontalière du W par Ouédraogo *et al.* (2010) et Avakoudjo *et al.* (2014), démontrant qu'il existe une forte corrélation entre la croissance démographique et la dégradation des ressources naturelles de la périphérie de cette réserve. De plus, Wood *et al.* (2004) ont conclu que l'agriculture demeure le principal facteur induisant des changements de la couverture végétale en Afrique subsaharienne. Dans la même veine, Barima *et al.* (2016) ont mené des études au niveau de la FCHS qui ont montré que la principale cause de la déforestation dans cette zone est la culture du cacao. En effet, cette activité a causé la perte de plus de 60 % de la couverture végétale de la FCHS en 2015. Par contre, certains auteurs indiquent qu'il existe une forte corrélation entre l'évolution de la pluviométrie et la dynamique du couvert végétal (Zoungrana, 2016). Le calcul des indices de structure spatiale permet de mettre en évidence la configuration spatiale des taches des classes dans le paysage (Bamba, 2010).

La méthode de détermination des processus de transformation structurale du paysage par l'arbre de décision de Bogaert *et al.* (2004) a révélé que la forêt subit une suppression en faveur de la création et l'agrégation des classes anthropiques. Les diverses pressions anthropiques et les besoins élevés d'espaces et en ressources seraient les principales causes de cette dégradation de la formation forestière. En effet, L'intrusion multiple et répétée de l'homme dans le milieu naturel que constitue la FCHS ainsi que le manque de terres fertiles à sa périphérie, pour diverses activités agricoles, expliqueraient ce phénomène. Par contre, à la périphérie de la FCHS, on assiste à un processus de suppression de la classe culture pérenne. Cela s'expliquerait par le fait que les paysans abandonnent les anciens champs de cacao et de café en jachères pour conquérir d'autres surfaces encore plus fertiles. Plusieurs auteurs (Bamba, 2010 ; Kouakou, 2019) ont utilisé le processus de transformation spatiale pour évaluer les changements opérés dans le paysage. Selon ces auteurs dans les régions forestières africaines, c'est la suppression qui est le processus le plus prépondérants. Cette suppression est due à la mise en place des activités agricoles. Selon Mama *et al.* (2014), les pressions humaines actuelles sur les ressources forestières sont en rupture avec les capacités de régénération des formations végétales naturelles qui sont sérieusement menacées de disparition.

CONCLUSION

CONCLUSION

Les techniques de la télédétection, de la cartographie et de l'écologie du paysage ont permis de quantifier les processus de dégradation du paysage de la FCHS et sa périphérie entre 1997 et 2018. Les cartes thématiques réalisées ont permis de mettre en évidence une dynamique de la couverture végétale qui traduit une transformation du paysage. Ainsi, on peut noter que pendant 21 ans (de 1997 à 2018), les types d'occupations du sol de la FCHS et de sa périphérie ont subi d'importantes perturbations. Cette zone dont la matrice paysagère était jadis dominée par les forêts est aujourd'hui dominée par les cultures. La matrice de transition a montré le déclin de la formation naturelle qui est la classe d'occupation la plus affectée par la dégradation tandis que les cultures pérennes et les cultures-jachères se développent. En effet, elle a permis de constater sur la période d'étude, un recul de 98,8 % de surface forestière à l'intérieur de la FCHS et de 86,49 % à sa périphérie.

De 1997 à 2018, dans la classe naturelle (forêt), la valeur de l'aire totale ainsi que du périmètre total ont chuté, confirmant ainsi la suppression presque définitive de cette classe dans la composition paysagère de la FCHS et sa périphérie. En revanche, dans la classe culture-jachère, la création de nouvelles taches dans la FCHS et l'agrégation des taches à la périphérie de cette forêt. Au niveau de la classe culture pérenne, on a un processus d'agrégation dans la FCHS et de suppression à la périphérie. Ces processus de transformation ont révélé une modification de la structure spatiale du paysage sur l'ensemble de la zone d'étude. Les pressions anthropiques, particulièrement les activités agricoles liées à la recherche de nouvelles terres fertiles ont entraîné, au cours de la période 1997 à 2018, une modification de la couverture végétale de la FCHS et de sa périphérie. Il est donc important de pouvoir concilier ces résultats de l'anthropisation des paysages avec la politique agricole du pays dans l'optique d'un développement durable. Des programmes de gestion et de conservation de l'environnement à travers le reboisement des plantations (l'agroforesterie) doivent être initiés à l'intérieur de la FCHS ainsi qu'à sa périphérie, surtout dans les localités les proches de la FCHS.

RECOMMANDATIONS

Sur la base des résultats des recommandations méritent d'être faites à l'endroit des gestionnaires, décideurs (étatiques et communaux) et organisations non gouvernementales (ONG) pour une utilisation durable des ressources naturelles disponibles dans la FCHS. Ces recommandations sont, entre autres :

- encourager et former les populations installées à la périphérie comme à l'intérieur à l'utilisation de techniques culturales durables comme l'association des arbres aux cultures ;
- aborder la conservation des ressources naturelles à travers des mesures appropriées et durables qui tiennent compte de l'amélioration du niveau de vie et de revenu des populations en croissance permanente.

PERSPECTIVES

Cette étude ouvre les perspectives suivantes :

- déterminer les pratiques agricoles des paysans dans la FCHS et sa périphérie
- proposer une modélisation de la dynamique du paysage forestier pour les 50 années futures.

REFERENCES

- Abozan A.E. (2016) : Formes de Transactions et Stratégies de Sécurisations Foncières dans la Zone Rurale de la Forêt Classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). Mémoire de Licence, Option : Sciences de la Vie et de la Terre, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, (Daloa, Côte d'Ivoire), 15 p.
- Assalé A.A.Y., Barima Y.S.S., Kouakou K.A., Kouakou A.T.M. & Bogaert J. (2016). Agents de dégradation d'une aire protégée après une décennie de conflits en Côte d'Ivoire : cas de la forêt classée du Haut-Sassandra. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 22(1) : 123-133.
- Avakoudjo J., Mama A., Toko I., Kindomihou V., Sinsin B. (2014). Dynamique de l'occupation du sol dans le Parc National du W et sa périphérie au nord-ouest du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8 (6) : 2608-2625.
- Avenard J.M. (1971). Aspect de la géomorphologie. In : Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. *Mémoire ORSTOM*, Paris (France), 50 : 9-72.
- Bamba I. (2010). Anthropisation et dynamique spatio-temporelle de paysages forestiers en République Démocratique du Congo. Thèse de Doctorat, Université Libre de Bruxelles, Belgique, 189 p.
- Bannari A., Morin D., Bonn F. & Huete A.R. (1995). A review of vegetation indices. *Remote Sensing Reviews* Harwood Academic Publishers, 13 : 95-120.
- Barima Y.S.S. (2009). Dynamique fragmentation et diversité végétale des paysages forestiers en milieux de transition forêt-savane dans le Département de Tanda (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Belgique, 180 p.
- Barima Y.S.S., Barbier N., Bamba I., Traoré D., Lejoly J. & Bogaert J. (2009). Dynamique paysagère en milieu de transition forêt-savane ivoirienne. *Bois et Forêts des Tropiques*, 299(1) : 15-25.
- Barima Y.S.S., Kouakou A.T.M., Bamba I., Sangne Y.C., Godron M., Andrieu J. & Bogaert J. (2016). Cocoa crops are destroying the forest reserves of the classified forest of Haut-Sassandra (Ivory Coast). *Global Ecology and Conservation*, 8 : 85-98.
- Baudry J. & Burel F. (2000). *Écologie du paysage : outils méthodes et concepts* Lavoisier Paris.
- Baudry J., Burel F., Aviron S., Martin M., Ouin A., Pain G. & Thenail C. (2003). Temporal variability of connectivity in agricultural landscapes : do farming activities help ? *Landscape Ecology*, 18 : 303-314.
- Beldjilali F.Z. (2016). L'étude de la dynamique de la structure du couvert végétal dans l'exposition sud des monts de Tlemcen. Mémoire de Master en Ecologie Végétale et

- de l'Environnement, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen Algérie, 38 p.
- Bogaert J., Ceulemans R. & Van Eysenrode S.D. (2004). A decision tree algorithm for detection of spatial processes in landscape transformation. *Environnemental Management*, 33 : 62-73.
- Bogaert J. & Mahamane A. (2005). Ecologie du paysage : cibler la configuration et l'échelle spatiale. *Annales des Sciences Agronomiques du Bénin*, 7 : 39-68.
- Bogaert J., Barima Y.S.S., Ji J., Jiang H., Bamba I., Lyongo W.W.L., Mama A., Nyssen E., Dahdouh-Guebas F. & Koedam N. (Eds) (2011). A methodological framework to quantify anthropogenic effects on landscape pattern. *In : Landscape ecology in Asian cultures*. Edition Springer, New York, Verlag : 141-167.
- Bogaert J., Vranken I. & Andre M. (Eds.) (2014). Anthropogenic effects in landscapes : historical context and spatial pattern. *In : Biocultural Landscapes Diversity Functions and Values*. Edition Springer Science + Business Media Dordrescht, pp 89-112.
- Brown D.G. & Duh J-D. (2004). Spatial simulation for translating from land use to land cover. *International Journal of Geographical Information Science*, 18(1) : 35-60.
- Burel F. & Baudry J. (1999). Ecologie du paysage : concepts méthodes et applications. Technique et Documentation, 359 p.
- Burel F. & Baudry J. (2003). Landscape ecology: concepts, methods, and applications. *Science Publishers*, 324 p.
- Caloz R. & Collet C. (2001). Précis de Télédétection : Traitements numériques d'images de télédétection. Presses de l'Université du Québec et Agence universitaire de la Francophonie Sainte-Foy 3, 386 p.
- Ciesla W.M. (1997). Le changement climatique les forêts et l'aménagement forestier : aspects généraux. *FAO*, 126, 152 p.
- Clignez M. (2004). Le point de vue de l'écologue. Conversations paysagères - Métiers du paysage, 13 octobre 2004, Gembloux, pp 45-50.
- Cohen M. (Dir.) (2003). La brousse et le berger. Une approche interdisciplinaire de l'embroussaillage des parcours. Paris, *Colloque Espaces & Milieux*. CNRS Editions, 288 p.
- Congalton R.G. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote sensing of environment*, 37(1) : 35-46.
- Davidson C. (1998). Issues in measuring landscape fragmentation. *Wildlife Society Bulletin*, 26 : 32-37.

- Décamps H. & Décamps O. (2004). Au printemps des Paysages. Paris, Buchet-Chastel, 235 p.
- Décamps H. & Décamps O. (2007). Organisation de l'espace et processus écologiques. *Économie rurale. Agricultures alimentations territoires*, (297-298) : 41-54.
- Di Gregorio A. & Jansen L.J.M. (1997). A new concept for a Land Cover Classification System. Earth observation and evolution classification 1997. *Compte rendu de la conférence*, 13-16 octobre 1997 à Alexandrie, Égypte, 10 p.
- Dumas E., Geniaux G. & Napoléone C. (2005). Les indices d'écologie du paysage à l'épreuve du marché foncier. *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, 1 : 83-108.
- Dupuy B., Maitre H.F. & Amsallem I. (1999). Tropical forest management techniques: a review of the sustainability of forest management practices in tropical countries. Working paper: FAO/FPIRS/04 prepared for the World Bank Forest Policy Implementation Review and Strategy, 50 p.
- FAO (2015). Evaluation des ressources forestières mondiales 2015 Répertoire de données de FRA 2015, Rome 2015, 253 p.
- Farina A. (2000). Principles and Methodes in Landscape Ecology. *Kluwers Academic Publishers*, USA, 235 p.
- Foley J.A., Defries R., Asner G.P., Barford C., Bonan G., Carpenter S.R., Chapin S.F., Coe M.T., Daily G.C., Gibbs H.K., Helkowski J.H., Holloway T., Howard E.A., Kucharik C.J., Monfreda C., Patz J.A., Prentice C.I., Ramankutty N. & Snyder P.K. (2005). "Global Consequences of Land Use". *Science*, 309(5734) : 570-574.
- Foody G.M. (2002). Status of land covers classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*, 80: 185-201.
- Forman R.T.T. (1997). Land mosaics : the ecology of landscapes and regions. Cambridge, University Press, Cambridge, 632 p.
- Forman R. T. & Godron M. (1986). Landscape ecology. *John Wiley & Sons*. New York, 4 : 22-28.
- Fortin M-J. (1999). The effects of quadrat size and data measurement on the détection of boundaries. *Journal of Végétation Science*, 10 : 43-50.
- Girard M.C. & Girard C.M. (1999). Traitement des données de télédétection. Dunod Paris, 529 p.
- Gond V. & Brognoli C. (2005). Télédétection et aménagement du territoire : localisation et identification des sites d'orpaillage en Guyane française. *Bois et forêt des tropiques*, 286(4) : 5-13.

- Goné Bi Z.B., Kouamé D., Kone I. & Adou Yao C.Y. (2013). Diversité végétale et valeur de conservation pour la Biodiversité du Parc National du Mont Péko une aire protégée menacée de disparition en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 71 : 5753-5762.
- Grimene C. (2018). Classification de l'occupation des terres agricoles par télédétection satellitaire. Mémoire de Master en gestion des territoires et développement local, Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier, Université Paul Valéry de Montpellier III, (Montpellier, France), 59 p.
- Guillaumet J.L & Adjanooun (1971). La végétation de la Côte d'Ivoire. In : *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*. Avenard JM, Eldin M, Girard G, Sircoulon J, Touchebeuf P Guillaumet J-L, Adjanooun E & Pernaud A (eds). Mémoires ORSTOM n°50, Paris (France), pp 161-263.
- Hargis C.D., Bissonette J.A & David J.L. (1997). Understanding measures of landscape pattern. In: *Wildlife and landscape ecology* (eds. Bissonette J.A.) Springer Berlin Heidelberg New York, pp 231-261.
- Ibo J. (1993). La politique coloniale de protection de la nature en Côte d'Ivoire de 1900 à 1958. *Revue Française d'Histoire d'Outre-Mer*. Tome LXXX, (298) : 83-104.
- Jahel C. (2016). Analyse des dynamiques des agroécosystèmes par modélisation spatialisée et utilisation d'images satellitaires Cas d'étude de l'ouest du Burkina Faso. Thèse de Doctorat. Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech), Paris (France), 220 p.
- Kabba S.T.V. & Li J. (2011). Analysis of land use and land cover changes and their ecological implication in Wuhan China. *Journal of Geography and Geology*, 3 : 104-118.
- Kergomard C. (2004). La télédétection aérospatiale : une introduction. Cours de l'École Normale Supérieure Paris, (France), 74 p.
- Koné M., Kouadio Y.L., Neuba D.F.R., Malan D.F. & Coulibaly L. (2014). Évolution de la couverture forestière de la Côte d'Ivoire des années 1960 au début du 21e siècle. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 7(2) : 782-794
- Kouakou A.T.M., Barima Y.S.S., Konate S., Bamba I., Kouadio J.Y. & Bogaert J. (2017). Gestion des forêts domaniales en période de conflits : cas de la forêt classée du Haut-Sassandra, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(1) : 333-349.
- Kouakou A.T.M. (2019). Dynamiques spatio-temporelles du couvert végétal et diversité floristique de quelques parcs nationaux et forêts classées de Côte d'Ivoire dans un

- contexte de crises politico-militaires. Thèse de doctorat, UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, (Daloa, Côte d'Ivoire), 209 p.
- Kouakou K.A. (2015). Diversité floristique de la forêt classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire) en période post-conflits armés. Mémoire de Master en Sciences de la Vie et de la Terre, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé Daloa, Côte d'Ivoire, 60 p.
- Kouakou K.A., Barima Y.S.S., Kouakou A.T.M., Sangne Y.C., Bamba I. & Kouamé N.F. (2015). Diversité végétale post-conflits armés de la Forêt Classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *Journal Animals Plant Sciences*, 26(2) : 4058-4071.
- Kouamé N'.F. (1998). Influence de l'exploitation forestière sur la végétation et la flore de la Forêt Classée du Haut Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, UFR Biosciences, Université de Cocody, (Abidjan, Côte d'Ivoire), 227 p.
- Kouassi A.M., Kouamé K.F., Ahoussi K.E., Oularé S. & Biemi J. (2012). Impacts conjugués des changements climatiques et des pressions anthropiques sur les modifications de la couverture végétale dans le bassin versant du N'Zi-Bandama (Côte d'Ivoire). *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie*, 20 : 124 -146.
- Kpangui K.B. (2015). Dynamique, diversité végétale et valeurs écologiques des agroforêts à base de cacaoyers de la sous-préfecture de Kokumbo (Centre de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), 214 pp.
- Krummel J.R., Gardner R.H., Sugihara G., Oneill R.V. & Coleman P.R. (1987). Landscape Patterns in a *Disturbed Environment*. *Oikos*, 48(3): 321-324.
- Kuenzer C., Dech S. & Wagner W. (2015). Série chronologique de télédétection révélant la dynamique de la surface terrestre : statu quo et voie à suivre. *In Remote Sensing Time Series*, Springer Cham, pp 1-24.
- Lambin E.F., Geist H. & Rindfuss R.R. (Eds.) (2006). Introduction : Local Processes with Global Impacts. *In : Land-Use and Land-Cover Change*. Global Change - The IGBP Series. Edition Lambin E. F. & Geist H., Springer, Berlin, Heidelberg, pp 1-8.
- Landis J.R. & Koch G.G. (1977). Une application des statistiques hiérarchiques de type kappa dans l'évaluation de l'accord majoritaire entre plusieurs observateurs. *Biometrics*, pp 363-374.
- Mama A., Bamba I., Sinsin B., Bogaert J. & De Cannière C. (2014). Déforestation, savanisation et développement agricole des paysages de savanes-forêts dans la zone soudano-guinéenne du Bénin. *Bois & forets des tropiques*, 322(4) : 65-75.

- Mather P. & Koch M. (2011). Computer processing of remotely-sensed images : an introduction. *John Wiley & Sons*, 460 p.
- Maxwell E. (1983). Remote monitoring of rangeland production. *Agricultural Water Management*, 7: 323-340.
- McGarigal K. & Cushman S.A. (2002). Comparative evaluation of experimental approaches to the study of habitat fragmentation effects. *Ecological Applications*, 12(2) : 335-345.
- McGarigal K. & Marks B.J. (1995). Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. USDA Forest Service. Pacific Northwest Research Station Portland, 122 p.
- Meneses-Tovar C.L. (2011). L'indice différentiel normalisé de végétation comme indicateur de la dégradation. *Unasylva*, 238(62) : 39-49.
- Mouhamadou T.I., Imorou T.I., Sinsin B. & Touré F. (2012). Indices de structures spatiales des îlots de forêts denses dans la région des Monts Kouffé. [*VertigO*], *La revue électronique en sciences de l'environnement*, 12(3) : 1-17.
- Nzigou B.F. (2014). Dynamique d'utilisation des terres et types d'occupation du sol des villages de la Scierie Massaha et Nzé-Vatican dans la région de Makokou au Gabon. Mémoire de fin de cycle, département de Géographie et Aménagement, Université Rennes 2, Renne, France, 36 p.
- Oszwald J. (2005). Dynamique des formations agroforestières en Côte d'Ivoire (des années 1980 aux années 2000) suivi par télédétection et développement d'une approche cartographique. Thèse de doctorat, UFR Géographie et d'aménagement, Université des sciences et technologies de Lille, (Lille, France), 304 p.
- Ouedraogo I., Tigabu M., Savadogo P., Compaoré H., Odén P.C. & Ouadba J.M. (2010). Land cover change and its relation with population dynamics in Burkina Faso, West Africa. *Land Degradation & Development*, 21(5) : 453-462.
- Perraud A. & De La Souchère P. (1970). Esquisse pédologique de la Côte-d'Ivoire. Echelle : 1/500000° feuille, Sud-Ouest O.R.S.T.O.M. Adiopodoumé, 1 : 500 p.
- Pontius R.G. (2000). Quantification error versus location error in comparison of categorical maps. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 66(8): 1011-1016.
- Risser P.G., Karr J.R. & Forman R.T.T. (1984). Landscape ecology. Directions and approaches. Illinois Natural History Survey Special Publications. 2. III. *Natural History Survey Champaign*, pp 32-41.

- Rotar A. (2008). Dynamique des paysages et développement durable dans les préalpes carniques. Mémoire de Master en Environnement, Milieux, Techniques et Sociétés, Géographie, Université Paris 7 - Denis Diderot (Paris, France), 60 p.
- Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., Deering D.W. & Harlan J.C. (1974). Monitoring the vernal advancement and retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation NASA/GSFC Type III Final Report Greenbelt Md., 371 p.
- Roy D.P., Wulder M.A., Loveland T.R., Woodcock C.E., Allen R.G., Anderson M.C. & Scambos T.A. (2014). Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. *Remote sensing of Environment*, 145 : 154-172.
- Sadda A.S. (2014). Etude de la dynamique de l'occupation du sol dans la commune urbaine de Tibiri (région de Maradi). Mémoire de Master en Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles, Université Abdou Moumouni (Niamey, Niger), 81 p.
- Sangne Y.C. (2009). Dynamique du couvert forestier d'une aire protégée soumise aux pressions anthropiques : cas de la forêt classée de Téné dans le département d'Oumé (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat unique, Université de Cocody, (Abidjan, Côte d'Ivoire), 220 p.
- Sangne Y.C., Barima Y.S.S., Bamba I. & N'Doume C-T.A. (2015). Dynamique forestière post-conflits armés de la Forêt classée du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire). *Vertigo*, 15(3) : 1-18.
- Schlaepfer R. (2002). Analyse de la dynamique du paysage. Fiche d'enseignement 4.2. Lausanne. Laboratoire de gestion des écosystèmes (GECOS), École polytechnique fédérale de Lausanne, 11 p.
- Sodefor (1994). Aménagement de la Forêt Classée du Haut-Sassandra. Côte d'Ivoire, 72 p.
- Thériault M., Sparfel L., Gourmelon F. & Le Berre I. (2011). Modélisation des changements d'occupation et d'utilisation du sol. Cadres formels et exemple d'application. *Revue internationale de géomatique*, 21(3) : 267-295.
- Tonye E., Akon A. & Nyongui N.A. (1999). Le traitement des images de télédétection par l'exemple. Université de Yaoundé 1. Ecole Nationale Polytechnique de Yaoundé (Cameroun), 252 p.
- Toyi M.S.S., Eda F., Barima Y.S.S., Bamba I. & Sinsin B. (2018). Dynamique paysagère de la Forêt Classée de la Lama au sud du Bénin. *Tropicultura*, 36(2) : 217-231.
- Turner II B.L., Skole D., Sanderson S., Fischer G., Fresco L.O. & Leemans R. (1995). Land use and land-cover change. Science/research plan. Stockholm IGBP, 132 p.

- Traoré K. (2018). Le couvert forestier en Côte d'Ivoire : une analyse critique de la situation de gestion des forêts (classées, parcs et réserves). *The International Journal of Social Sciences and Humanities Invention*, 5(2) : 4387-4397.
- Trepanier I., Dubois J.M.M., Bonn F. (2002). Suivi de l'évolution du trait de côte à partir d'image HRV (XS) de SPOT : delta du fleuve Rouge, Viêt-Nam. *International Journal Remote Sensing*, 23(5) : 917-937
- Vanpeene-Bruhier S. (2003). Evaluation des risques environnementaux pour la gestion durable des espaces : synthèse des concepts de l'écologie du paysage. *Actes des journées*, pp 8-10.
- Wickham J.D., O'neill R.V. & Jones K.B. (2000). Forest fragmentation as an economic indicator. *Landscape Ecology*, 15(2) : 171-179.
- Wood E.C, Tappan G.G, Hadj A. (2004). Understanding the drivers of agricultural land use change in south-central Senegal. *Journal Arid Environment.*, 59 : 565-582.
- Xie Y., Sha Z. & Yu M. (2008). Remote sensing imagery in vegetation mapping : a review. *Journal of Plant Ecology*, 1(1) : 9-23.
- Zanh G.G., Barima Y.S.S., Kouakou K.A. & Sangne Y.C. (2016). Usages des produits forestiers non-ligneux selon les communautés riveraines de la forêt classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 4(5) : 212-225.
- Zanh G.G., Koua K.A.N., Kouakou K.A. & Barima Y.S.S. (2018). Saturation foncière à la périphérie de la Forêt Classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire) durant la période de 1990 à 2016. *Tropicultura*, 36(2) : 171-182.
- Zanh G.G., Kpangui K.B., Barima Y.S.S. & Bogaert J. (2019). Migration and agricultural practices in the peripheral areas of Côte d'Ivoire. State-Owned Forests. *Sustainability*, 11 : 6378.
- Zoungrana B.J.B. (2016). Vegetation dynamics in the southwest of Burkina Faso in response to rainfall variability and land use. Phd Kwame Nkrumah, University of Science and Technology, (Kumasi, Ghana), 162 p.

Résumé

En Côte d'Ivoire, les espaces domaniaux ainsi que leur zone périphérique sont soumises à de fortes anthropisations. Face à cette anthropisation, on assiste à des changements au niveau du paysage. L'objectif général de cette étude est de comparer les changements opérés au sein de la FCHS et ceux à sa périphérie entre 1997 et 2018. Pour y arriver la méthode de télédétection et l'écologie du paysage ont été utilisées. Ainsi, des images satellitaires issues du capteur Landsat ont été traitées et vérifiées sur le terrain de sorte à faire ressortir les différents types d'occupation du sol. L'analyse des changements opérés dans le paysage a été réalisée à partir d'une matrice de transition et d'un arbre de décision. Au terme de cette étude, les analyses ont montré que le paysage de la FCHS et de sa périphérie sont marqués par la régression des surfaces forestières au profit des cultures durant la période de 1997 à 2018. En effet, la couverture forestière ainsi que les cultures-jachères de la FCHS qui étaient estimés à 73,7 % et 19,8 % en 1997 sont passées à 1,1 % et 81,1 % en 2018. A la périphérie, ces classes occupaient respectivement 18,4 % et 26,4 % en 1997 sont passées en 2018 de 4 % et 86,2 %. Sur la période d'étude, le processus de transformation dominant dans la FCHS au niveau de la forêt est la suppression, suivie de la création de nouvelles taches de culture-jachère et à une agrégation des cultures pérennes. Autant dire qu'à la périphérie, la forêt et les cultures pérennes ont subi une suppression, quant à la classe culture-jachère, elle a connu une agrégation de ses taches. Ces différentes méthodes prouvent qu'il y a eu un changement dans l'occupation du sol en l'espace de 21 ans. Vue l'ampleur de la dégradation, des programmes de gestion et de conservation de l'environnement à travers le reboisement des plantations (l'agroforesterie) doivent être initiés à l'intérieur de la FCHS ainsi qu'à sa périphérie.

Mots clés : indice de structure spatiale ; dynamiques d'occupation du sol ; écologie du paysage ; processus de transformation

Abstract

In Côte d'Ivoire, state-owned areas and their peripheral zones are subject to heavy anthropisation. In the face of this anthropisation, changes are taking place at the landscape level. The general objective of this study is to compare changes within the FCHS and its peripheral zone between 1997 and 2018. It will first determine, using remote sensing methods and landscape ecology, the spatio-temporal dynamics of the classified forest of Haut-Sassandra and its periphery from 1997 to 2018. Thus, satellite images from the landsat sensor were processed and verified in the field in order to highlight the different types of land use. The analysis of changes in the landscape was carried out using a transition matrix and a decision tree. At the end of this study, the analyses showed that the landscape of the FCHS and its periphery are marked by the regression of forest areas in favour of crops during the period from 1997 to 2018. In fact, the forest cover and fallow crops in the FCHS, which were estimated at 73.7% and 19.8% in 1997, fell to 1.1% and 81.1% in 2018. On the periphery, these classes occupied 18.4% and 26.4% respectively in 1997, rising to 4% and 86.2% in 2018. Over the study period, the dominant transformation process in the FCHS at the forest level is suppression, followed by the creation of new fallow crop patches and an aggregation of perennial crops. In other words, at the periphery, the forest and perennial crops underwent suppression, while the fallow class experienced an aggregation of its patches. These different methods prove that there has been a change in land use in the space of 21 years. In view of the extent of degradation, environmental management and conservation programmes through reforestation of plantations (agroforestry) should be initiated within the FCHS as well as on its periphery.

Keywords : spatial structure index ; land-use dynamics ; landscape ecology ; transformation processes