

[Anthropogenic Pressures And Dynamics Of Land Use Change In The Rural Area Of Béoumi And The Upper Bandama Wildlife Reserve (North-Central Côte D'Ivoire) From 1989 To 2020]

Kouassi Kouman Noël Nanan¹, Sopie Elvire Vanessa Akaffou²,
Franck Placide Junior Pagny³, Marie-Solange Tiébré^{1,2} et
Djakalia Ouattara^{1,2}

*Laboratoire Des Milieux Naturels Et Conservation De La Biodiversité, Ufr Biosciences,
Université Félix Houphouët-Boigny, 22 Bp 582 Abidjan 22, Côte D'ivoire*

*Laboratoire Des Systématiques, Herbiers Et Musée Botanique, Centre National De Floristique, Ufr
Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, 22 Bp 582 Abidjan 22, Côte D'ivoire
Ufr Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte D'ivoire, Bp 444, Daloa-Tazibouo 2, Côte
D'ivoire*

Abstract:

Anthropogenic pressures can compromise the environmental balance. Thus, the study aims to characterize the dynamics of land use changes in relation to anthropogenic pressures in north-central Côte d'Ivoire. The methodological approach adopted is based on a diachronic analysis of land use units. Landsat MSS 1989, TM 1998, ETM+ 2009 and OLI 2020 images were acquired from the research environment and interpreted to obtain land cover maps. The results show the classes dense dry forest_ gallery forest, open forest_ treed savannah, treed savannah_ shrub savannah, perennial crops, fallow and bare ground_ annual crops_locations and water body. All of these classes were present in rural Béoumi and in the reserve in 1989 and 1998 except the perennial crop class. From 1989 to 2020, the tree savanna/shrub savanna, dense dry forest/gallery forest, and open forest/tree savanna classes decreased, while the perennial crop, fallow, and bare ground/annual crop/localities classes increased. These results can be used as a basis for defining priority areas for the restoration of degraded areas and the implementation of a sustainable and efficient forest landscape management strategy.

Keywords:*Land use dynamics, Anthropogenic pressures, Department of Béoumi, Upper Bandama Wildlife Reserve, Côte d'Ivoire.*

Date of Submission: 28-03-2024

Date of Acceptance: 08-04-2024

I. Introduction

Au cours de ces dernières décennies, les activités humaines, notamment l'agriculture, ont provoqué la transformation progressive d'une partie très importante de la surface terrestre [1]. Actuellement, près de 50 % des surfaces terrestres non recouvertes de glace ont subi des changements d'occupation et d'utilisation des terres [2]. Le continent africain a perdu environ 4 millions d'hectares de forêts par an de 2000 à 2019, soit près d'un tiers de la superficie déboisée dans le monde [3]. A l'instar de nombreux pays de l'Afrique de l'Ouest, la Côte d'Ivoire est aussi sujette à la diminution du couvert végétal [4] ;[5] ; [6]. Cette régression du couvert végétal est causée par un développement économique, basé sur les performances agricoles et l'explosion démographique qui entraînent une surexploitation des terres cultivées. A cela s'ajoutent l'exploitation forestière pour grumes et l'infiltration des populations qui migrent pour la recherche de bien-être social [7]. Ainsi, le couvert végétal de la Côte d'Ivoire estimé à 16 millions d'hectares dans les années 1900 est passé à environ 2,5 millions d'hectares en 2015 [8]. Ces changements ont acquis une ampleur sans précédent au cours des dernières décennies, d'où l'intérêt de la documentation de l'état des écosystèmes [9]. En effet, l'étude de la dynamique des changements d'occupation du sol s'avère de plus en plus importante pour comprendre les terres et leur évolution ainsi que la portée des actions anthropiques [10] ; [11] ;[12]. Cette étude permet aussi de s'aligner sur les actions d'atténuation des effets du changement climatique [11]. En effet, les cartes d'occupation du sol sont des outils de gestion durable des terres utilisées pour le suivi du changement global [11] ;[12]. L'utilisation des outils qui combinent à la fois des méthodes de système d'information géographique (SIG) et de télédétection est

de plus en plus courante [13] ;[14] ;[15]. Selon [13] et [14], l'utilisation de telles méthodes est indispensable pour comprendre l'évolution de l'utilisation des terres sur la base de l'analyse et de l'interprétation d'images satellitaires. La perte de la couverture végétale commence très prudemment par de petites zones et s'étend progressivement à l'ensemble du couvert végétal [15]. En effet, selon [10] pour une meilleure préservation des ressources forestières, la connaissance de l'historique du couvert, son contenu, sa composition, son évolution dans le temps et dans l'espace ainsi que son suivi s'avèrent indispensables. Pour obtenir ces informations indispensables à la mise en place d'une stratégie de sauvegarde et de conservation, il existe plusieurs approches et méthodes. Les principales méthodes de collecte sont, entre autres, les observations directes sur le terrain, les enregistrements des essences inventoriées, les questionnaires de relevés socioéconomiques [3]. Ces méthodes de collecte sont adaptées à des surfaces réduites et des zones accessibles. Cependant, elles sont plus difficiles à mettre en place sur des surfaces plus vastes et s'avèrent très coûteuses à petite échelle.

Toutefois, les technologies de spatialisation telles que la Télédétection et le Systèmes d'Information Géographique (SIG) se présentent comme l'un des moyens indispensables pour la collecte des données pour la gestion et l'aménagement sur de vastes espaces [10] ;[11] ;[12]. Avec les données de la télédétection, il est possible d'étudier, avec plus de précision, l'historique de l'évolution des écosystèmes forestiers. La télédétection permet également d'analyser les types de strates d'occupation du sol et leurs évolutions dans le temps, afin de répondre aux exigences, aux enjeux et aux besoins de leur gestion durable. Ainsi, divers auteurs notamment [4] et [16] préconisent l'utilisation traditionnelle de l'imagerie satellitaire de type Landsat du fait de la grande disponibilité des archives d'images (plus de 30 ans). Dans le cadre de cette étude, deux sites d'étude contrastés ont été choisis pour suivre la dynamique des changements d'occupation du sol : une zone de forte activité anthropique, le département de Béoumi et une zone de conservation de la biodiversité relativement conservée, la réserve de faune et de flore du haut Bandama. Ces sites ont été choisis pour en faire une étude comparative. Le département de Béoumi ne se caractérise pas des activités anthropiques comme la pêche, la culture de l'igname, du riz, de l'anacarde et du coton [17]. La réserve de faune et flore du haut Bandama est gérée par l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves et plusieurs formes d'activités illicites ont été identifiées comme l'orpaillage clandestin, l'élevage itinérant, l'agriculture, le braconnage, la pêche et le prélèvement des produits forestiers non ligneux [18].

L'objectif général de cette étude est de contribuer à la connaissance de l'état des écosystèmes forestiers de la Côte d'Ivoire. Il s'est agi spécifiquement de : (i) cartographier l'occupation du sol dans le département de Béoumi et dans la réserve de flore et de faune du haut Bandama ; (ii) analyser la dynamique spatio-temporelle des changements d'occupation du sol de 1989 à 2020 ; (iii) évaluer la dynamique des pressions anthropiques. Les résultats de cette étude pourront contribuer à la mise en place d'une politique de gestion durable des écosystèmes dans cette zone.

II. Matériel Et Méthodes

Zones d'étude

Le département de Béoumi fait partie de la région du Gbèkè située au centre de la Côte d'Ivoire, précisément à 386km de la ville d'Abidjan. Il s'étend sur une superficie de 2 688km² et est limité au nord par le département de Mankono, au nord-est par celui de Botro, au sud-est par celui de Sakassou, et à l'ouest par ceux de Zuénoula et de Kounahiri. La population locale est composée majoritairement d'autochtones Baoulé (Kôdê) et d'allochtones malinké, Sénoufo, Wobé et Gueré ainsi que des allogènes Maliens, Burkinabés, Béninois et Ghanéens. Les activités anthropiques menées sont la pêche, la culture d'igname, de riz, d'anacarde et de coton (Fig.1). Le département de Béoumi, localisée entre 7° 40' de latitude Nord et 5° 34' de longitude Ouest, fait partie du secteur préforestier caractérisé par un climat de transition entre la zone guinéenne au Sud et la zone soudanaise au Nord [19]. La pluviométrie moyenne varie entre 1200mm et 1600 mm [20]. La température moyenne annuelle est de 27,2C. La réserve de faune et flore du haut Bandama fait partie de la région du Béré au centre-nord de la Côte d'Ivoire, à environ 400km d'Abidjan et est localisée entre 8° et 10° de latitude Nord et 4° et 6° de longitude Ouest [17]. Elle couvre actuellement une superficie de 2932km² et est limitée au nord par le département de Niakaramadougou, au sud par ceux de Botro et Béoumi, à l'ouest par celui de Mankono et à l'est par celui de Katiola (Fig.1). Elle est soumise au climat tropical subhumide [21]. La pluviométrie moyenne annuelle est d'environ 1200mm. La température moyenne annuelle est de 26C et l'humidité relative moyenne avoisine les 70% [22].

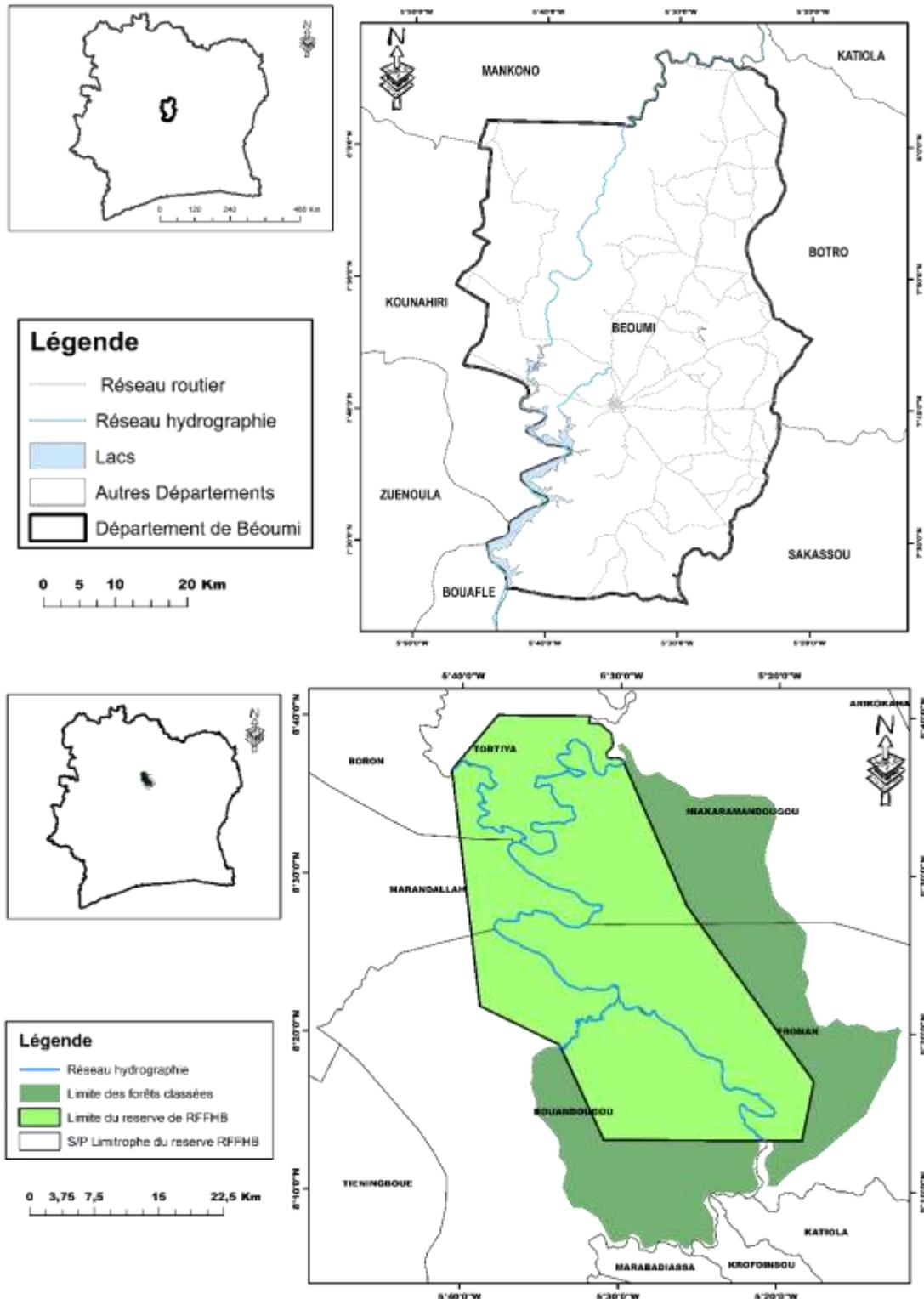


Fig. 1. Localisation géographique des sites d'étude

La réserve de faune et flore du haut Bandama est gérée par l'Office Ivoirien des Parcs Et Réserves (OIPR). La population riveraine est composée des autochtones Koro et des allochtones Djimini, Malinkés, Lobi et Sénoufos ainsi que des allogènes Guinéens, Nigériens, Maliens, Burkinabés, Béninois et Ghanéens. Plusieurs formes d'activités illicites ont été identifiées à l'intérieur de la réserve. Ce sont l'orpillage clandestin, l'élevage itinérant, l'agriculture, le braconnage, la pêche et le prélèvement des produits forestiers non ligneux [18].

Images satellitaires et logiciels

Les images satellitaires de 1989, 1998, 2009 et 2020 ont été acquises à la même période de l'année afin de réduire les problèmes d'angles solaires, aux changements phénologiques de la végétation et à la différence d'humidité des sols. Ainsi, les huit images satellitaires ont été utilisées, il s'agit de deux scènes du capteur de Landsat MSS, TM, ETM et Oli (Path197, Row54 et 55) de 1989, 1998, 2009 et 2020. Toutes les images sont issues de la base de données de United States Geological Survey (USGS, www.landsat.usgs.gov/). Les logiciels Envi5.3 et ArcGIS10.8 ont été utilisés respectivement pour le traitement numérique des images et la cartographie. Des données de terrain ont été également collectées en complément des images spatiales à l'aide d'un GPS.

Prétraitement des images

La correction géométrique ayant déjà été effectuée sur les images Landsat MSS, TM, ETM et OLI-TIRS, seules les corrections radiométriques et atmosphériques ont été effectuées sur les images avec le logiciel ENVI5.3. Les corrections atmosphériques et radiométriques aident à éliminer les effets liés aux angles d'incidence solaire et atmosphériques, lesquels changent les propriétés spectrales spécifiques des catégories d'occupations des sols sur l'image [23]. Les prétraitements ont été suivis par l'extraction de fenêtres d'étude sur les sites d'études. Les fichiers shapefile du département de Béoumi et de la réserve de faune et de flore du haut Bandama ont été utilisés pour cette opération.

Traitement et analyse des données des images satellitaires

Le traitement numérique de l'imagerie satellitaire et de la cartographie a consisté en l'application d'une gamme de traitements. Le but est de faciliter la différenciation des types de couverture terrestre avant la collecte des données sur le terrain.

De ce fait, il s'est agi premièrement, de calculer trois indices de végétation (indices biophysiques) à savoir :

- ✓ L'indice de luminosité, qui permet de mettre en évidence le niveau de couverture ou la densité de couverture végétale (BI). Il est défini par la formule (I) : $BI = 0,3037 \times \text{Bande2} + 0,2793 \times \text{Bande3} + 0,4743 \times \text{Bande4} + 0,5585 \times \text{Bande5} + 0,5082 \times \text{Bande6} + 0,1863 \times \text{Bande7}$ (I).
- ✓ La Moisture Index, qui met en évidence le niveau d'humidité de la végétation ou du sous-sol (WI), défini par l'équation (II) : $WI = 0,1509 \times \text{Bande2} + 0,3279 \times \text{Bande3} + 0,3279 \times \text{Bande4} + 0,3406 \times \text{Bande5} - 0,7112 \times \text{Bande6} - 0,4572 \times \text{Bande7}$ (II).
- ✓ L'indice Normaliser de la différence de végétation, qui est utilisée pour mettre en évidence l'intensité de l'activité photosynthétique (NDVI). Il est défini par la formule (III) : $IG = (\text{Band5} - \text{Band4}) / (\text{Band5} + \text{Band4})$ (III).

Ensuite, les bandes 5-4-3 (Landsat8) en 2020 et 4-3-2 (Landsat5 TM) en 1998 ont été composées en couleur afin de distinguer les différents types de satellites. Pour améliorer l'image, une analyse en composantes principales a été également effectuée sur les images brutes. Cette opération améliore la qualité visuelle de chaque bande d'origine, permet de décorréler les nouveaux canaux et maximise l'information sur les trois premiers nouveaux canaux (composantes primaires). Le but de ces opérations est de tirer parti de nouveaux canaux dans les compositions de couleurs [4] ; [24]. La combinaison finale permet de distinguer les types d'occupation du sol suivant : Forêt dense sèche, forêt galerie, savane arborée, savane arborée, savane arbustive, sol nu, plans d'eau et aménagements agricoles (pérennes et annuelles).

L'interprétation visuelle des composantes de couleur validées avec différents indices de végétation permet de sélectionner plusieurs sites à visiter sur le terrain dans différents types d'occupation du sol. Les documents cartographiques existants (réseaux routiers) ont facilité le choix de ces sites. Les coordonnées des différents sites de "vérité terrain" sont enregistrées dans le GPS. Il s'agit de 260 points d'entraînements parcelles, 90 points d'entraînements pour la forêt (galerie, claire et sèche dense), 30 points d'entraînements pour la savane boisée, 30 points d'entraînements pour la savane arborée, 30 points d'entraînements pour la savane arbustive et 60 points d'entraînements pour les sols agricoles et nus. Cette répartition tient compte de la superficie de chaque catégorie au sein de la région. Cette phase de "vérité terrain" s'est déroulée lors d'une mission d'observation (janvier-février), la période de la mission coïncidant avec la période d'acquisition de l'imagerie satellitaire.

Cette sortie sur le terrain a permis de décrire les différents types de végétation. Le traitement des images est effectué sur la base des informations recueillies sur place. En effet, la classification directionnelle des images par des méthodes de classification par maximum de vraisemblance permet de générer des cartes régionales d'occupation du sol. L'algorithme utilise des "régions d'échantillonnage" pour déterminer les caractéristiques des classes d'objets, qui deviennent également des centres dans l'espace multispectral. L'évaluation de la classification directionnelle des images de 2020 a été dérivée d'observations sur le terrain et d'une analyse statistique. Les matrices de confusion pour cette classification sont faites à partir de cartes de contrôle de parcelles de "vérité terrain", et non de celles utilisées pour la formation [24]. Cela permet de mettre en évidence la performance du traitement et la fiabilité des résultats obtenus. Les évaluations de classification

dirigées de 1989, 1998 et 2009 ont utilisé la même technique, les cartes d'occupation du sol de 2020 et les données de terrain de 2020 sont utilisées comme vérités de terrain. En effet, le type d'occupation du sol identifié dans la zone en 1989 est le même que celui identifié en 2020. Mais la couverture spatiale de ces types de végétation a changé entre les dates (1989 et 2020). Ainsi, les parcelles d'entraînement et de contrôle sélectionnées sur les différentes compositions colorées de 1989 ont été faites dans les zones n'ayant pas subi de changement. Finalement, un filtre médian a été appliqué à toutes les images classifiées en vue de les rendre plus homogènes par l'élimination des pixels isolés. La vectorisation des images classifiées a été réalisée. Puis, le fichier a été exporté en format « shapefile » pour être utilisé dans le logiciel ArcGIS10.8. Ce fichier, une fois édité a permis de générer les cartes d'occupation du sol de la zone de 1989 et de 2020.

Dynamique de l'occupation du sol

Une évaluation des superficies des différents types d'occupation du sol a été faite à l'aide du logiciel ArcGIS10.8. Cette évaluation a servi à analyser l'évolution des occupations du sol dans la zone entre 1989 et 2020. Le taux d'évolution moyen annuel de chaque élément de l'occupation du sol a été calculé suivant la formule $T_x = ((S - i) / i) \times 100$ (IV) avec T_x : Taux d'évolution moyen annuel ; superficie de la classe i en 1989 ; S : superficie de la classe i en 2020 [4] ; [24].

III. Résultats

Performances cartographiques

Les précisions globales des différentes classifications pour les images de 1989, 1998, 2009 et 2020 sont respectivement de 80,24% ; 90,55% ; 86,92% et de 94,34% pour la zone de Béoumi. Elles sont de 88,95%, 94,28%, 93,6% et de 96,36% pour celles de la réserve de faune et de flore du haut Bandama (Tableau1). Pour l'ensemble des traitements réalisés, des confusions mineures ont été observées entre certaines classes d'occupations du sol dans la zone rurale de Béoumi. En dehors de ces cas, tous les autres types d'occupation du sol sont relativement bien discriminés. Dans la réserve de faune, des confusions mineures ont été observées entre certaines classes d'occupations du sol.

Tableau 1. Performances cartographiques des différentes classifications dans les sites d'études

Années	BEOUMI		RFFHB	
	Précision globale	Coefficient Kappa	Précision globale	Coefficient Kappa
1989	80,24%	0,87	88,95%	0,85
1998	90,55%	0,88	94,28%	0,92
2009	86,92%	0,84	93,60%	0,91
2020	94,34%	0,93	96,36%	0,95

Différentes classes d'occupation du sol des sites d'étude

La classification supervisée adoptée pour le traitement des images a permis d'aboutir à une carte d'occupation du sol avec 7 classes pour les images de 2020, de 2009 et de 1998, et 6 classes pour celles de 1989 dans la zone rurale de Béoumi (Fig.2). Il s'agit des classes Forêts sèches/Forêts galeries (Forêt dense sèche_Forêt galerie), Forêts claires/Savanes boisées (Forêt claire_Savaneboisée), Savanes arborée_savane arbustives (Savane arborée_savane arbustives), Jachères (Jach), Plantations d'anacardiens (PA), Sols nus/Cultures annuelles/localités (Sn_CulAn_Local) et Plan d'eau (PE).

Pour la réserve, le traitement des images a permis d'aboutir à une carte d'occupation du sol avec 7 classes pour les images de 2020 et de 2009, et 6 classes pour celles de 1998 et de 1989 (Fig.3). Il s'agit des classes Forêts sèches/Forêts galeries (Forêt dense sèche_Forêt galerie), Forêts claires/Savanes boisées (Forêt claire_Savaneboisée), Savanes arborée_savane arbustives (Savane arborée_savane arbustives), Jachères (Jach), Plantations d'anacardiens (PA), Sols nus/Cultures annuelles/localités (Sn_CulAn_Local) et Plan d'eau (PE).

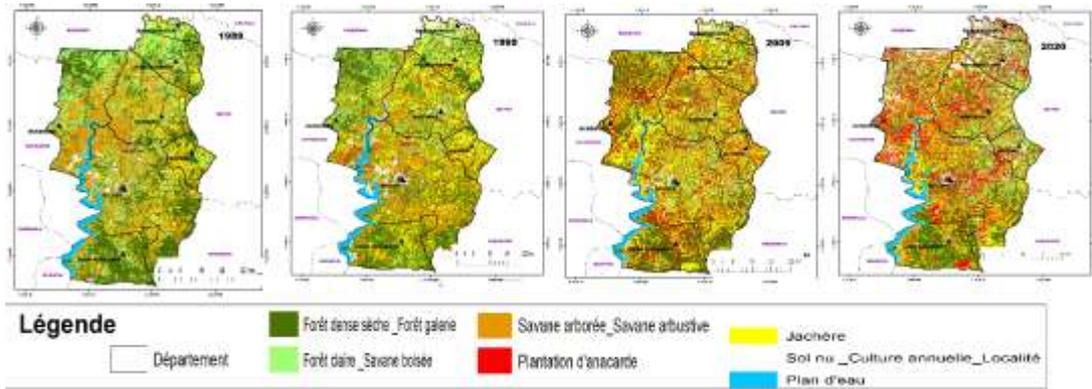


Fig. 2. Carte d'occupation du sol de la zone rurale de Béoumi des années 1989, 1998, 2009 et 2020

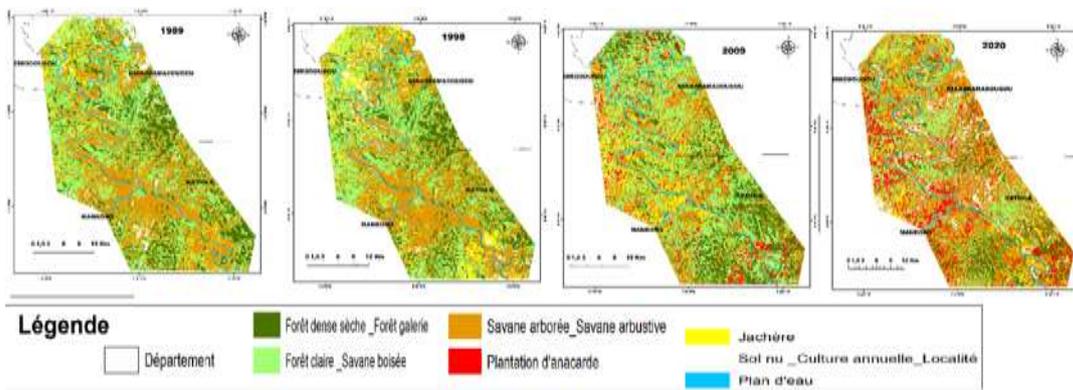


Fig. 3. Carte d'occupation du sol de la réserve RFFHB des années 1989, 1998, 2009 et 2020

Dynamiquespatio-temporelle deschangements d'occupation du sol

De 1989 à 2020, un écart de trente et un (31) ans ainsi qu'un pas annuel d'au moins 09 ans existent entre les quatre dates. Le graphique de la Figure4 résume l'évolution des différents types de changements d'occupation du sol sur les sites d'étude de 1989 à 2020.

Entre 1989 et 1998, dans la zone rurale de Béoumi, la principale évolution concerne les classes jachères (Jach) qui sont passées de 7,42% à 21%. La superficie de forêt claire/savane arborée (Forêt claire_Savaneboisée) a également diminué significativement, passant de 22,71% (59 735,46 hectares) à 12,81% soit 31 682,18 hectares (Fig.4). La catégorie Plantation d'Anacarde (PA), qui n'existait pas en 1989 représente 1,82% de la superficie totale, soit 4621,52 hectares en 1998. En revanche, de 1998-2009, la zone rurale de Béoumi a été marquée par une augmentation de la superficie des sources anthropiques (anacardières et Jachères). La superficie des plantations d'anacardier (PA) représentait 14,76% de la superficie totale soit 26,70% (Fig.4). Par contre, des régressions des classes Forêt dense sèche_Forêt galerie, Forêt claire_Savaneboisée et Savane arborée_savane arbustive (Savane arborée_savane arbustives) sont observées. Entre 2009 et 2020, la superficie des espèces anthropiques (anacardières et sols nus) a également augmenté de manière significative dans la zon rurale de Béoumi. La superficie des plantations de noix de cajou représente 20,99% de la superficie totale. Le record annuel de la catégorie d'aires culturelles pour les sols nus est de 8,81% (Fig.4). Dans la formation végétale naturelle, il existe encore des régressions de la classe Forêt dense sèche_Forêt galerie, de la classe Forêt claire_Savaneboisée et de la classe Savane arborée_savane arbustive (Sarbo_Sarbu).

Pour ce qui est de la réserve, l'évolution a concerné la savane arborée_savane arbustive (Sarbo-Sarbu) qui a légèrement augmenté passant de 38,26% à 39,31%. La superficie de forêt dense sèche/forêt galerie (Fds_Fg) a connu une nette régression, passant de 20,97% (25 621,06 ha) à 18,81%, soit 22 979,23 ha (Fig.5). Entre 1989 et 1998, la classe Plantation d'anacardier

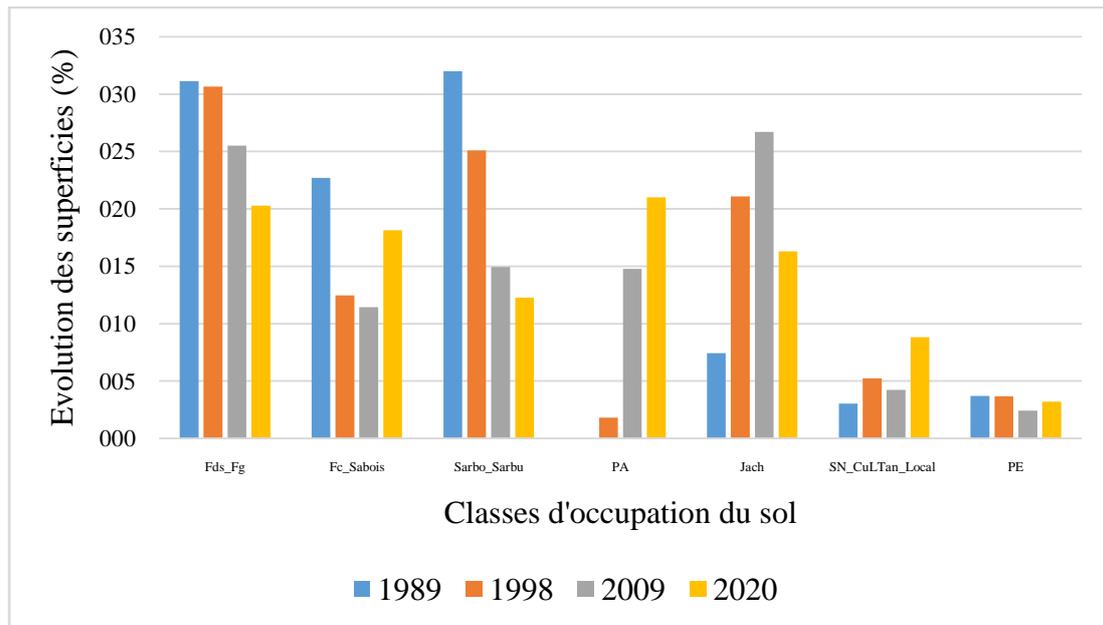


Fig. 4. Histogramme de l'évolution des superficies en fonction des classes d'occupation du sol entre 1989 et 2020 dans la zone rurale de Béoumi

(PA), qui n'existait pas dans la réserve se met en place. La perte de végétation a également été observée au niveau de la classe forêt dense sèche/forêt galerie (Fig.5). De 1998 à 2009, la superficie des espaces anthropiques (anacardières et jachères) dans la réserve a augmenté. La classe plantation d'anacardier représentait 7,12% de la superficie totale et les plantations d'anacardier représentaient 8,14% (Fig.5). La seule forme naturelle qui subit une perte de sa superficie est la classe savane arborée_savane arbustive (Sarbo-Sarbu) (Fig.5). Durant la période 2009-2020, une croissance de la superficie des classes d'origine anthropique (anacardières et sol_nu_culture annuelle_Localités) est à noter. Les plantations d'anacardières occupent 12,83% de la superficie totale et la classe sol nu culture annuelle occupe 7,51% (Fig.5). Au sein des formations végétales naturelles, seule la classe savane arborée_savane arbustive connaît une augmentation de sa superficie (Fig.5).

Changements intervenus au cours des périodes 1989-2020

Le tableau 2 montre le taux global de changement sur l'ensemble de la période d'étude (1989 à 2020). Premièrement, dans les zones rurales de Béoumi, des taux de transfert importants entre les classes d'occupation du sol ont été observés au cours de la période d'étude (1989-2020). Entre 1989 et 1998, les classes Forêt dense sèche_Forêt galerie, Forêt claire_Savane boisée et Savane arborée_savane arbustives ont respectivement perdu 4,85 %, 46,96 % et 24,29 % de leurs superficies au profit de la classe sols nus_cultures.annuelles_Localités (Sn_Cultan_Local) et Jachères (Jach).

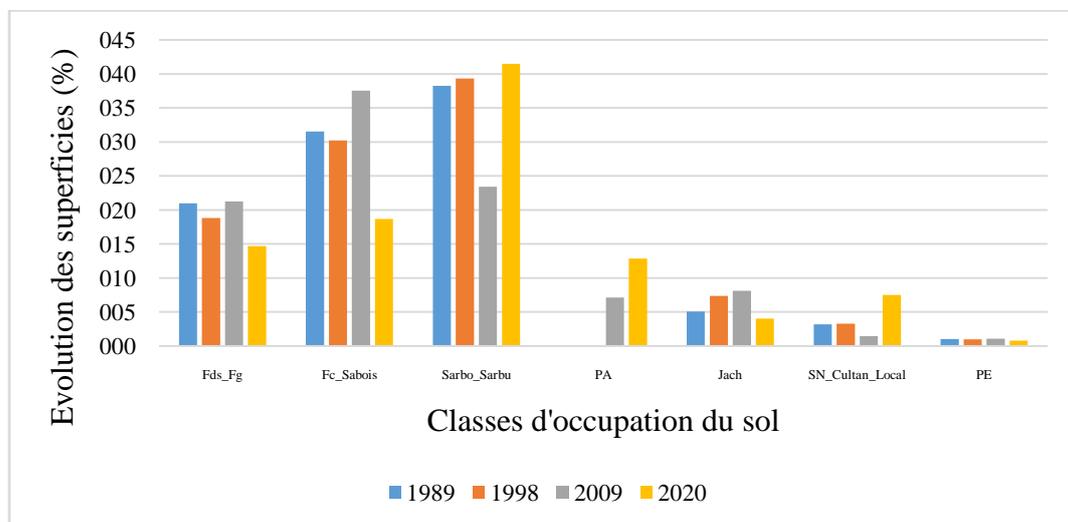


Fig. 5. Histogramme de l'évolution des superficies en fonction des classes d'occupation du sol entre 1989 et 2020 dans la réserve RFFHB

Légende: Fds_Fg : Classe Forêt dense sèche_Forêt galerie ; Fc_Sbois : Classe Forêt claire_Savane boisée; Sarbo_Sarbu : Classe Savane arborée_Savane arbustive ; PA : Classe Plantation d'anacarde ; Jach : Classe jachère ; SN_CulAn_Local : Classe Sols nus_Culturesannuelles_Localités ; PE : Plan d'eau.

La classe jachère (Jach) est la classe qui enregistre le taux de changement le plus élevé. Cette perte se produit principalement dans les profils de la classe savane arborée_savane arbustive (Tableau 2). Au cours de la deuxième période (1998-2009), les classes Forêt dense sèche_Forêt galerie, Forêt claire_Savaneboisée, Savane arborée_savane arbustives et Sn_CultAn_Local ont perdu de leurs superficies. Ces zones ont été converties en plantations de noix de cajou. La classe Savane arborée_savane arbustives a été la formation végétale la plus touchée durant cette période. Elle a perdu 40,38% de sa superficie. Par rapport à la période précédente, il ne restait que 26,66 % de la superficie de la classe Jachère. La classe sols nus/cultures annuels ont connu le changement le plus élevé vers la classe plantations d'anacardier. Par contre, la classe jachère est plus importante que la classe Savane arborée_savane arbustive. Globalement, sur toute la période d'étude (2009-2020), la classe Forêt claire_Savane boisée constitue la formation naturelle boisée qui a connu une dynamique progressive ; les classes Forêt dense sèche, Savane arborée et la jachère ont régressé (Tableau2). De même, la classe anacardiens et la classe sol nu_culture annuelle constituent les formations anthropiques qui ont vu leurs superficies augmenter au fil des années (Tableau 2).

Tableau 2. Taux de changement global (%) effectué dans la zone rurale de Béoumi de 1989 à 2020

OCS	1989-1998	1998-2009	2009-2020	1989-2020
Fds_Fg	-4,90	-16,78	-20,43	-37,03
Fc_Sbois	-46,96	-8,35	58,76	-22,83
Sarbo_Sarbu	-24,29	-40,38	-17,97	-62,97
PA	0,00	711,71	42,22	1054,40
Jach	174,38	26,66	-38,91	112,30
SN_CultAn_Local	66,14	-19,11	108,02	179,56
PE	-4,10	-33,61	31,59	-16,22

Légende: Fds_Fg : Classe Forêt dense sèche_Forêt galerie ; Fc_Sbois : Classe Forêt claire_Savane boisée; Sarbo_Sarbu : Classe Savane arborée_Savane arbustive ; PA : Classe Plantation d'anacarde ; Jach : Classe jachère ; SN_CulAn_Local : Classe Sols nus_Culturesannuelles_Localités ; PE : Plan d'eau.

Dans la réserve, des taux importants de changement entre des classes d'occupations du sol ont été observés durant la période d'étude (1989-2020) (Tableau3). Au cours de la période de 1989 à 1998, la classe Forêt dense sèche_Forêt galerie a perdu 10,31% de sa superficie en faveur de la classe Forêt claire_Savaneboisée et de la classe Savane arborée_savane arbustives (Tableau3). La classe Forêt claire_Savaneboisée a perdu 4,17% de sa superficie au profit de la classe Savane arborée_savane arbustives qui a gagné de cette même classe 2,73% de sa superficie initiale. Par contre, les classes, sols nus cultures annuelles Localités (SN_CulAn_Local) et Jachères (Jach) sont celles qui enregistrent les taux de transferts les plus élevés. Durant la seconde période (1998-2009), les classesForêt dense sèche_Forêt galerie, Forêt claire_Savaneboisée, Savane arborée_savane arbustives ont perdu respectivement 12,93%, 24,31% et 40,42% de leur superficie. De même, sa superficie a été convertie en plantations d'anacardiens. La classe Forêt claire_Savaneboisée constitue la formation végétale arborée qui a été la plus affectée durant cette période. Comparativement à la période précédente, les classes Jachère et Sols nus Cultures annuelles _Localités sont les plus instables. Le taux de changement le plus élevé est celui de la classe Sols nus Cultures annuelles Localités (55,83%). Au total, sur l'ensemble de la période d'étude (2009-2020), la classe Forêt dense sèche_Forêt galerie et Forêt claire_Savaneboisée constituent les formations naturelles boisées qui ont connu une perte de leur superficie ; la classe Savane arborée_savane arbustive ayant connu une dynamique progressive de sa superficie (Tableau3). De même, les classes anacardiens et Sols nus_Culturesannuelles Localité constituent les formations anthropiques qui ont vu leurs superficies augmenter au fil des années (Tableau3).

Tableau 3. Taux de changement global (%) effectué dans la réserve RFFHB de 1989 à 2020

OCS	1989-1998	1998-2009	2009-2020	1989-2020
Fds_Fg	-10,31	12,93	-30,95	-30,07
Fc_Sabois	-4,17	24,31	-50,22	-40,69
Sarbo_Sarbu	2,73	-40,42	77,11	8,40

PA	0,00	0,00	80,33	80,33
Jach	45,96	10,44	-50,59	-20,36
SN_CultAn_Local	4,17	-55,83	414,74	136,84
PE	-2,72	9,26	-27,33	-22,76

Légende : Fds_Fg : Classe Forêt dense sèche_Forêt galerie ; Fc_Sbois : Classe Forêt claire_Savane boisée; Sarbo_Sarbu : Classe Savane arborée_Savane arbustive ; PA : Classe Plantation d'anacarde ; Jach : Classe jachère ; SN_CulAn_Local : Classe Sols nus_Culturesannuelles_Localités ; PE : Plan d'eau

Dynamique des pressions anthropiques

Dans la zone rurale de Béoumi, les matrices de transition ont permis de mettre en évidence les changements survenus sur toute la période de notre étude. Ces changements sont déterminés entre 3 périodes que sont : 1989-1998 ; 1998-2009 ; 2009-2020 et 1989-2020. A travers cette évaluation, nous constatons que les formations végétales naturelles (Forêt dense sèche_Forêt galerie, Forêt claire _Savane boisée et savane arborée_savane arbustive) diminuent pour laisser place aux formations végétales artificielles (Plantation d'anacardiers, les cultures et Sol nus _Cultures annuels _Localités). Ces mutations sont des pertes de formations végétales naturelles. De 1989 à 1998, 81,1 % des formations naturelles sont devenues des jachères, cultures annuelles et pérennes. La classe Forêt dense sèche_Forêt galerie a perdu 29,54 % de sa superficie ; majoritairement en faveur de la classe jachère (14,46 %) et de la classe Forêt claire_Savane boisée (9,69 %). La classe Forêt claire_Savane boisée a perdu 76,45 % de sa superficie au profit de la classe Savane arborée_savane arbustives (38,60 %) et la classe jachère a gagné de cette même classe 24,04 % de superficie. Par contre, la classe Forêt claire_Savane boisée est celle qui enregistre le taux de transfert le plus élevé. En effet, elle n'a conservé que 26,55 % de sa superficie. Cette perte s'est fait majoritairement au profit de la classe Savane arborée_savane arbustive (Tableau 4). Sur la période allant de 1998 à 2009, ce sont 109,41 % des formations végétales naturelles qui ont muté en formations végétales artificielles.

Tableau 4. Matrice de transition des classes entre 1989 et 1998 de la zone rurale de Béoumi

		1989					
1998	OCS	Fds_Fg	Fc_Sbois	Sarbo_Sarbu	Jach	Sn_CultAn_Local	PE
	Fds_Fg	70,46	24,43	4,08	2,54	3,30	0,59
	Fc_SBois	9,69	26,55	3,92	3,45	5,53	0,86
	Sarbo_Sarbu	3,55	18,60	56,93	1,60	4,65	0,79
	PA	1,16	1,39	14,07	12,23	33,17	0,03
	Jach	14,64	24,05	15,41	70,06	9,82	0,51
	Sn_CultAn_Local	0,42	4,93	5,50	9,91	42,17	3,16
	PE	0,09	0,05	0,09	0,20	1,35	94,06

Légende : Fds_Fg : Classe Forêt dense sèche_Forêt galerie ; Fc_Sbois : Classe Forêt claire_Savane boisée; Sarbo_Sarbu : Classe Savane arborée_Savane arbustive ; PA : Classe Plantation d'anacarde ; Jach : Classe jachère ; SN_CulAn_Local : Classe Sols nus_Culturesannuelles_Localités ; PE : Plan d'eau.

La classe Forêt dense sèche_Forêt galerie a perdu 31,8 % de sa superficie ; majoritairement en faveur de la classe Forêt claire_Savane boisée (14,12 %) et de la classe jachère (12,30 %). La classe Forêt claire_Savane boisée a perdu 77,47 % de sa superficie au profit de la classe plantation d'anacardier (21,68 %) et la classe sol nus_culturesannuelles_Localités a gagné de cette même classe 20,04 % de sa superficie. La classe Savane arborée_savane arbustives a enregistré une perte de 58,63 % de sa superficie en faveur de la classe plantation d'anacardier (42,11 %). Par contre, la classe Forêt claire_Savane boisée est celle qui enregistre le taux de transfert le plus élevé. En effet, elle n'a conservé que 22,53% de sa superficie. Cette perte s'est fait majoritairement au profit de la classe plantation d'anacardier (Tableau 5). Au cours de la période 2009-2020, la classe Forêt dense sèche_Forêt galerie perd 55,65 % de sa superficie au profit des classes Forêt claire_Savane boisée, Savane arborée_savane arbustives. De plus, 7,68 % de sa superficie ont été convertis en plantations d'anacardiers. La classe Savane arborée_savane arbustives constitue la formation naturelle qui a été le plus affectée durant cette période. Elle n'a conservé que 41,74 % de sa superficie. 19,54 % de sa superficie sont passés à la classe Sols nus_Culturesannuelles_Localités et 17,13 % sont passées à la classe jachère (Tableau 6).

En somme, sur toute la période de cette étude, une mutation globale de 83,07 % des formations végétales artificielles a été observée (Tableau 7).

Tableau 5. Matrice de transition des classes entre 1998 et 2009 de la zone rurale de Béoumi

	1998							
	OCS	Fds_Fg	Fc_Sbois	Sarbo_Sarbu	PA	Jach	Sn_Cultan_Local	PE
2009	Fds_Fg	68,20	16,11	5,29	9,34	2,33	2,86	0,70
Fc_Sbois	14,12	22,53	4,23	8,23	7,58	1,23	0,08	
Sarbo_Sarbu	2,89	13,89	41,37	2,22	3,89	1,74	0,76	
PA	1,45	21,68	42,11	63,26	53,30	56,37	0,20	
Jach	12,30	4,82	3,41	5,20	31,16	4,19	1,37	
Sn_Cultan_local	0,92	20,64	3,53	1,51	1,69	32,74	12,52	
PE	0,11	0,33	0,06	0,24	0,05	0,87	77,36	

Légende : Fds_Fg : Classe Forêt dense sèche_Forêt galerie ; Fc_Sbois : Classe Forêt claire_Savane boisée; Sarbo_Sarbu : Classe Savane arborée_Savane arbustive ; PA : Classe Plantation d'anacarde ; Jach : Classe jachère ; SN_CulAn_Local : Classe Sols nus_Culturesannuelles_Localités ; PE : Plan d'eau.

Tableau 6. Matrice de transition des classes entre 2009 et 2020 de la zone rurale de Béoumi

	2009							
	OCS	Fds_Fg	Fc_Sbois	Sarbo_Sarbu	PA	Jach	Sn_Cultan_Local	PE
2020	Fds_Fg	44,35	17,31	3,21	4,91	3,20	2,50	0,16
Fc_Sbois	26,01	47,18	6,49	4,86	4,85	2,47	0,02	
Sarbo_Sarbu	4,96	7,77	41,74	2,33	6,46	5,17	0,01	
PA	6,13	10,61	11,60	76,70	52,57	24,05	0,03	
Jach	16,35	12,06	17,13	9,69	23,93	6,92	0,02	
Sn_Cultan_Local	2,15	4,86	19,54	1,42	8,69	44,37	1,52	
PE	0,05	0,21	0,30	0,08	0,31	14,51	98,24	

Légende : Fds_Fg : Classe Forêt dense sèche_Forêt galerie ; Fc_Sbois : Classe Forêt claire_Savane boisée; Sarbo_Sarbu : Classe Savane arborée_Savane arbustive ; PA : Classe Plantation d'anacarde ; Jach : Classe jachère ; SN_CulAn_Local : Classe Sols nus_Culturesannuelles_Localités ; PE : Plan d'eau

Tableau 7. Matrice de transition des classes entre 1989 et 2020 dans la zone rurale de Béoumi

	1989						
	OCS	Fds_Fg	Fc_Sbois	Sarbo_Sarbu	Jach	Sn_Cultan_local	PE
2020	Fds_Fg	29,09	8,22	9,99	3,21	4,41	0,19
Fc_Sbois	13,87	35,99	5,39	2,71	6,27	0,47	
Sarbo_Sarbu	20,84	7,5	38,31	6,79	6,02	0,56	
PA	8,13	17,97	27,86	56,13	36,35	0,45	
Jach	17,63	20,1	14,22	22,37	12,48	0,74	
Sn_Cultan_local	10,31	10,11	4,15	8,78	34,47	16,3	
PE	0,15	0,11	0,08	0,01	0	81,3	
Total général	100	100	100	100	100	100	

Légende : Fds_Fg : Classe Forêt dense sèche_Forêt galerie ; Fc_Sbois : Classe Forêt claire_Savane boisée; Sarbo_Sarbu : Classe Savane arborée_Savane arbustive ; PA : Classe Plantation d'anacarde ; Jach : Classe jachère ; SN_CulAn_Local : Classe Sols nus_Culturesannuelles_Localités ; PE : Plan d'eau.

Pour la réserve, les matrices de transition ont permis de mettre en évidence les changements survenus sur toute la période de cette étude. Ces changements sont déterminés entre 4 périodes que sont : 1989-1998 ; 1998-2009 ; 2009-2020 et 1989-2020. Il ressort que les formations végétales naturelles (Forêt dense sèche_Forêt galerie, Forêt claire_Savane boisée et savane arborée_savane arbustive) diminuent au profit des formations végétales artificielles (les cultures et sols nus). De 1989 à 1998, 81,1 % des formations naturelles sont restés stables. La classe Forêt dense sèche_Forêt galerie a perdu 19,65 % de sa superficie, principalement au profit des classes Forêt claire_Savane boisée, Savane arborée_savane arbustives. La classe Forêt claire_Savane boisée a perdu 19,75 % de sa superficie au profit de la classe Savane arborée_savane arbustives (11,64 %) et la classe jachère a gagné de cette même classe 3,03 % de sa superficie. Par contre, la classe sol nu culture annuelle localité est celle qui enregistre le taux de transfert le plus élevé. En effet, elle n'a conservé que 9,77 % de sa superficie. Cette perte s'est fait majoritairement au profit de la classe Savane arborée_savane arbustive arborée (Tableau 8).

Tableau 8. Matrice de transition des classes entre 1989 et 1998 de la réserve RFFHB

		1989					
		OCS	Fds_Fg	Fc_Sbois	Sarbo_Sarbu	Jach	Sn_Cultan_Local
1998	Fds_Fg	80,04	3,53	1,17	6,16	2,91	0,08
	Fc_Sbois	11,96	80,25	3,28	14,01	13,66	0,55
	Sarbo_Sarbu	5,35	11,64	82,33	20,97	59,28	0,52
	Jach	1,09	3,30	9,07	42,34	14,19	0,14
	Sn_Cultan_Local	1,26	1,16	4,05	16,08	9,77	2,20
	PE	0,30	0,12	0,09	0,44	0,19	96,50
	Total général	100	100	100	100	100	100

Légende : Fds_Fg : Classe Forêt dense sèche_Forêt galerie ; Fc_Sbois : Classe Forêt claire_Savane boisée; Sarbo_Sarbu : Classe Savane arborée_Savane arbustive ; PA : Classe Plantation d'anacarde ; Jach : Classe jachère ; SN_CulAn_Local : Classe Sols nus_Culturesannuelles_Localités ; PE : Plan d'eau.

Sur la période allant de 1998 à 2009, ce sont 65,5 % des formations végétales naturelles qui ont muté en formations végétales artificielles. La classe Forêt dense sèche_Forêt galerie a perdu 40,5 % de sa superficie en faveur de la classe Forêt claire_Savane boisée (23,47 %) et de la classe Savane arborée_savane arbustives (8,69 %). La classe Forêt claire_Savane boisée a perdu 58 % de sa superficie au profit de la classe Savane arborée_savane arbustives 21,41 % et la classe plantation d'anacardier (18,42 %). La classe Savane arborée_savane arbustives a enregistré une perte de 34,09 % de sa superficie en faveur de la classe plantation d'anacardier (42,11 %). Par contre, la classe jachère et la classe sol nu culture annuelle localité sont celles qui enregistrent les taux de transfert les plus élevés. En effet, elles n'ont conservé que respectivement 7,85 % et 10,14 % de leur superficie. Cette perte s'est fait majoritairement au profit de la classe plantation d'anacardier (Tableau 9). Durant la troisième période (2009-2020), ce sont 32,36 % des formations végétales naturelles qui ont muté en formations artificielles. La classe Forêt dense sèche_Forêt galerie a perdu 48,42 % de sa superficie, au profit des classes Forêt claire_Savane boisée et Savane arborée_savane arbustives. De plus, 1,5 % de sa superficie a été convertie en plantations d'anacardiens. La classe Forêt claire_Savane boisée constitue la formation naturelle qui a été la plus affectée durant cette période. Elle n'a conservé que 21,75 % de sa superficie ; 55,75 % de sa superficie sont passés à la classe Savane arborée_savane arbustives (Tableau 10). En somme, sur toute la période de cette étude, une mutation globale de 59,35 % des formations végétales artificielles a été observée (Tableau 11).

Tableau 9. Matrice de transition des classes entre 1998 et 2009 de la réserve RFFHB

	1998						
	OCS	Fds_Fg	Fc_Sbois	Sarbo_Sarbu	Jach	Sn_Cultan_Local	PE
2009	Fds_Fg	59,50	4,31	6,76	8,78	7,59	0,82
	Fc_Sbois	23,47	42,85	8,07	4,24	5,48	0,89
	Sarbo_Sarbu	8,69	21,41	35,81	9,22	1,57	0,49
	PA	3,05	18,42	34,09	63,00	68,15	0,04
	Jach	2,95	8,91	10,60	7,85	6,96	1,07
	Sn_Cultan_Local	1,55	4,09	4,43	6,49	10,14	1,03
	PE	0,79	0,01	0,24	0,43	0,11	95,66
	Total général	100	100	100	100	100	100

Légende : Fds_Fg : Classe Forêt dense sèche_Forêt galerie ; Fc_Sbois : Classe Forêt claire_Savane boisée; Sarbo_Sarbu : Classe Savane arborée_Savane arbustive ; PA : Classe Plantation d'anacarde ; Jach : Classe jachère ; SN_CulAn_Local : Classe Sols nus_Culturesannuelles_Localités ; PE : Plan d'eau.

Tableau 10. Matrice de transition des classes entre 2009 et 2020 de la réserve RFFHB

	2009							
	OCS	Fds_Fs	Fc_Sbois	Sarbo_Sarbu	PA	Jach	Sn_Cultan_Local	PE
2020	Fds_Fg	51,58	7,13	1,85	2,52	1,12	1,32	1,39
	Fc_Sbois	25,42	21,75	12,59	8,60	2,93	2,07	0,21
	Sarbo_Sarbu	20,10	55,73	59,88	9,47	4,37	1,60	0,23
	PA	1,50	4,77	3,82	76,28	77,98	80,57	0,36
	Jach	0,66	3,97	6,67	1,02	6,75	4,80	0,12
	Sn_Cultan_Local	0,54	6,60	15,13	2,11	6,84	9,64	11,72
	PE	0,19	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00	85,97
	Total général	100	100	100	100	100	100	100

Légende : Fds_Fg : Classe Forêt dense sèche_Forêt galerie ; Fc_Sbois : Classe Forêt claire_Savane boisée; Sarbo_Sarbu : Classe Savane arborée_Savane arbustive ; PA : Classe Plantation d'anacarde ; Jach : Classe jachère ; SN_CulAn_Local : Classe Sols nus_Culturesannuelles_Localités ; PE : Plan d'eau.

Tableau 11. Matrice de transition des classes entre 1989 et 2020 de la réserve RFFHB

	1989						
	OCS	Fds_Fg	Fc_Sbois	Sarbo_Sarbu	Jach	Sn_Cultan_Local	PE
2020	Fds_Fg	46,32	11,59	2,20	4,46	4,22	1,10
	Fc_Sbois	23,29	32,41	10,38	18,53	14,81	0,84
	Sarbo_Sarbu	21,76	44,56	64,04	7,58	9,58	1,19
	PA	5,89	4,52	4,43	53,57	43,91	0,29
	Jach	0,50	2,33	6,62	9,50	8,06	0,27
	Sn_Cultan_Local	1,94	4,57	12,26	6,28	19,42	5,50
	PE	0,31	0,03	0,08	0,08	0,01	90,80
	Total général	100	100	100	100	100	100

Légende : Fds_Fg : Classe Forêt dense sèche_Forêt galerie ; Fc_Sbois : Classe Forêt claire_Savane boisée; Sarbo_Sarbu : Classe Savane arborée_Savane arbustive ; PA : Classe Plantation d'anacarde ; Jach : Classe jachère ; SN_CulAn_Local : Classe Sols nus_Culturesannuelles_Localités ; PE : Plan d'eau.

IV. Discussion

La présente étude a été réalisée pour comprendre l'influence des pressions anthropiques sur la dynamique des changements d'occupation du sol dans la zone rurale de Béoumi et dans la réserve de la faune et de la flore du haut Bandama au centre - nord de la Côte d'Ivoire. Ainsi, l'analyse de la dynamique de l'occupation du sol des sites d'étude s'est révélée importante. La méthodologie utilisée a combiné une analyse et une interprétation des images satellitaires à multi-dates afin d'appréhender l'évolution de l'occupation du sol. Ces résultats peuvent servir de base pour définir les zones prioritaires de restauration des zones dégradées et d'aménagement des formations végétales naturelles. Les résultats de cette étude ont permis de discriminer les différentes classes d'occupation du sol des zones d'étude que sont : la forêt dense sèche_Forêt galerie, la forêt claire_Savane boisée, la savane arborée_savane arbustive, la plantation d'anacardiers, la jachère, le sol nu_cultureannuelle_localité et le plan d'eau.

Les précisions globales des différentes cartes d'occupation du sol de la zone rurale de Béoumi sont de 94,34%, 86,92%, 90,55 et 80,24% respectivement pour les images OLI de 2020, ETM+ de 2009, TMde1998 et MSS de 1989. Celles de la réserve sont de 96,36%, 93,6 %, 94,28 et de 88,95% respectivement pour les images OLI de 2020, ETM+ de 2009, TMde1998 et TMS de 1989. Ces valeurs de coefficient de Kappa supérieures à 75% démontrent que les classifications sont acceptables [25]. De même, [26] a signifié que les résultats d'une analyse d'images dont le coefficient Kappa est supérieur à 50% sont bons et exploitables. Les cartes de 1998 et de 2020 présentent les meilleures discriminations des classes d'occupation du sol. En ce qui concerne la carte de 2020, le constat serait lié à la qualité de l'image. En effet, des auteurs tels que [27] et [28] ont justifié cela par le fait que le nouveau capteur OLI de Landsat8 a une meilleure résolution spectrale (16 bits) que les images TM et ETM+. Pour d'autres auteurs, le choix des classes thématiques et des zones d'entraînement serait un facteur déterminant [29]. Ce second argument semble être celui qui justifierait mieux le cas de la carte de 1989 qui bien qu'issue d'une image du capteur MSS ne compte que 6 classes contrairement à celles de 2009 et 2020. En outre, selon [29], il est susceptible d'obtenir de bonnes classifications lorsque les images sont choisies de telle sorte à éviter la confusion entre les cultures et la végétation naturelle d'une part et d'autre part la végétation et les feux de brousse qui réfléchissent dans le proche infrarouge et provoquent des confusions de classes. Les classes Forêt dense sèche_Forêt galerie et Forêt claire_Savane boisée sont celles qui ont présenté les confusions les plus élevées entre elles au niveau des différentes classifications. Ces confusions bien qu'elles existent sont très faibles et donc acceptables, car largement en deçà de la valeur limite préconisée par l'auteur tel que [30]. Ces confusions observées sont mises en évidence par la topographie de la végétation dans la zone d'étude. En effet, les forêts claires et les savanes boisées sont des strates de transition, et elles forment souvent des mosaïques avec des forêts galeries et des forêts denses sèches.

Ces travaux ont également permis de comprendre les dynamiques qui se sont opérées entre les différentes occupations du sol durant la période d'étude. En considérant le cas des formations naturelles, la classe Forêt dense sèche_Forêt galerie a perdu sa superficie plus en faveur de la classe Forêt claire_Savane boisée. Cette dernière a quant à elle perdu superficie plus en faveur de la classe Savane arborée_savane arbustive. Des résultats similaires ont été obtenus par [16] à l'est de la Côte d'Ivoire, [29] ;[24] au Burkina Faso, [17] au nord de la Côte d'Ivoire. Ces auteurs ont observé une régression des formations boisées, notamment les reliques de forêts claires et de savanes boisées qui sont progressivement remplacées par des savanes arborées ou arbustives, des jachères et cultures. Par contre, [16], [24] ;[17] justifie cette régression par l'augmentation de la pression anthropique. Cette dynamique par l'effet conjugué de plusieurs facteurs. Selon ces auteurs, les variations spatiales des évolutions observées de l'activité végétale des savanes résultent de l'interaction complexe de différents facteurs environnementaux, en particulier des précipitations, du pâturage et du feu. En effet, les feux saisonniers qui parcourent les formations végétales durant la saison sèche détruisent le sous-bois et affectent également la strate arborescente. Une récurrence de cette activité induirait une régression des formations végétales. Cette observation a été également faite par [31].

Le taux de changement d'occupation des formations d'origine anthropique a connu une croissance sur la période d'étude. Cette croissance a été importante durant les périodes 1998-2009 et 2009-2020. La faible représentativité des formations d'origine anthropique durant la période 1989-1998 serait liée à deux facteurs essentiels que sont la démographie et les pratiques culturelles. Durant la période de 1989-1998, la démographie était très faible. Par ailleurs, l'usage des houes étant la technique culturale dominante, la population ne pouvait exploiter de grande superficie. Aussi, durant cette période, le coton constituait quasiment la seule culture de rente de la zone. De plus, la durée de l'épisode cultural était très courte et la pratique culturale par la houe favorisait la persistance de souches d'où émergent des rejets qui après abandon en jachère, constituent une source de régénération très rapide. Par ailleurs, bien que la culture d'anacardier ait été implantée durant cette

période, elle n'avait pas encore atteint de grande proportion. La période de 1998 à 2020 est marquée par une croissance démographique corrélée à la crise sociopolitique et aux migrations de peuples à la recherche de terre cultivable d'où une pression plus accrue sur la végétation [32]. Selon l'organisation Météorologique Mondiale, il existe une relation entre la dégradation des terres et leur utilisation. Par conséquent, en plus des facteurs naturels de dégradation des terres, il faut également tenir compte des causes socio-économiques dans l'interprétation de la dégradation des terres. Au sein de la zone d'étude, cette période est également marquée par l'expansion de la culture de l'anacardier qui constitue un frein en la mise en jachère des parcelles cultivées [32]. Par ailleurs, l'expansion de la technique d'attelage pour le labour permet désormais d'exploiter de grandes surfaces [32], d'où la croissance des classes d'occupation du sol d'origine anthropique. A titre illustratif, il ressort de la matrice de transition entre 1998 et 2009 de la zone rurale de Béoumi une conversion de la formation naturelle en zone de culture. Entre 2009 et 2020, la matrice de transition de la zone rurale de Béoumi révèle une utilisation des terres de la formation naturelle. Dans la réserve, il ressort de la matrice de transition entre 1998 et 2009, une conversion de la forêt claire_Savane boisée et savane arborée_savane arbustive en zone de culture. Entre 2009 et 2020, la matrice de transition révèle une modification accélérée de la formation naturelle en formation artificielle. La régression de la végétation aux profits des zones anthropisées confirme les résultats d'autres études comme ceux de [33] dans la réserve totale de faune de Tamou. Cette observation a été également faite par [33] dans le sud-est du Togo, [35] dans la province du BAM au Burkina Faso. Ces mutations des unités d'occupation du sol pourraient s'expliquer par trois faits majeurs qui découlent de l'explosion démographique à savoir l'exploitation de bois de chauffe, la mise en culture des jachères et l'extension des zones de cultures et des bâtis [34]. D'après [36] les deux zones d'étude font partie du Bassin d'approvisionnement de l'anacardier en Côte d'Ivoire, ce qui engendre une surexploitation de cette ressource. Les sites d'études ont connu une hétérogénéisation sur la période d'étude (1989-2020) avec l'apparition de la classe anacardiers qui était absents en 1989 et une augmentation du taux de contacts entre des différentes classes d'occupations du sol. Par ailleurs, le constant changement d'occupation du sol révèle que les transformations spatiales opérées sont essentiellement liées aux activités anthropiques. Plusieurs études sont parvenues aux mêmes constats que la nôtre [37] ; [38].

V. Conclusion

L'étude réalisée sur les pressions anthropiques et la dynamique du changement d'occupation du sol dans la zone rurale de Béoumi et de la réserve de faune et de flore du Haut Bandama au centre - nord de la Côte d'Ivoire a permis d'apprécier l'évolution spatio-temporelle de la végétation à travers les cartes d'occupation du sol et les mutations interclasses pour les années 1989, 1998, 2009 et 2020. Les résultats de cette analyse montrent que les différents types d'occupations du sol des zones d'étude ont connu plusieurs mutations. Les plus marquantes portent sur les formations végétales naturelles qui en l'espace de trente une année a connu de façon générale, une régression de leur superficie. Les formations anthropiques au contraire ont enregistré une augmentation de leur superficie surtout dans la période allant de 1998 à 2020. Ces résultats peuvent servir de base pour définir les zones prioritaires en vue de la restauration des zones dégradées et l'aménagement des formations naturelles ainsi que pour la mise en place d'une stratégie efficace de gestion durable du milieu naturel pour éviter sa disparition à moyen terme.

VI. Remerciements

Cette étude a bénéficié de l'appui financier du Centre d'Excellence Africain sur les Changements Climatiques, la Biodiversité et l'Agriculture Durable (CEA-CCBAD) attribuée à Monsieur NANAN Kouassi Kouman Noël. Nous tenons à remercier les Autorités de l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR) de Katiola en particulier Madame N'DRIN N'Drin Ehié épouse BREGA, chef d'équipe de l'OIPR qui a répondu favorablement à notre appel et a autorisé l'accès à la Réserve de Faune et de Flore du Haut Bandama. Nos remerciements vont aussi à l'endroit des Chefs des différents villages visités et le Président départemental des jeunes de Béoumi pour leur soutien ainsi qu'au Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT) pour la formation. Nous ne saurions terminer ce paragraphe sans remercier Dr YAO N'Guessan Olivier du Centre National de Floristique (Côte d'Ivoire) pour l'accompagnement sur le terrain et l'aide à l'identification des espèces végétales.

VII. Références bibliographiques

- [1] A. Ballo, S. S. Traoré, B. Coulibaly, C. H. Diakité, M.M. Diawara, A. Traoré, and S. Dembélé, Pressions Anthropiques Et Dynamique D'occupation des Terres Dans Le Terroir De Ziguéna Zone Cotonnière Du Mali. *European Scientific Journal*, vol 12, n°5, pp.1857 – 7881, 2016. DOI : 10.19044/esj.2016.v12n5p90.

- [2] C. Samuel, Étude des changements d'occupation et d'usage des sols en contexte agricole par télédétection et fusion d'informations. Habilitation à Diriger des Recherches de l'Université Rennes, Rennes, pp. 134, 2014.
- [3] FAO, La Situation Des Forêts Du Monde 2018 (SOFO) : Les Forêts Au Service Du Développement Durable, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy, 2018, <http://www.fao.org/state-of-forests/fr/>, 2018.
- [4] H. D. N'da, E. K. N'Guessan, M. E. Wajda, and K. Affian, Apport de la télédétection au suivi de la déforestation dans le Parc National de la Marahoué (Côte d'Ivoire). *Télédétection*, vol 8, n° 1, pp. 17-34, 2008.
- [5] K. Konan, G. Diomande, and K. Kra, Culture de l'anacarde et nouveau jeu des acteurs du conflit agriculteurs-éleveurs de la sous-préfecture de Sohouau. Nord de la Côte d'Ivoire. In *Journal of humanities and social science*, Vol 21, pp. 32, 2016.
- [6] FAO, Situation des forêts du monde. Forêt et Agriculture : défis et possibilité concernant l'utilisation des terres, Rome (Italie), pp.137, 2016.
- [7] T. Kassoum, 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*, vol 5, n° 2, pp. 4387-4397, 2018. DOI: 10.18535/ijsshi/v5i2.02.
- [8] FAO, SEP-REDD+, Données forestières de base pour la REDD+ en Côte d'Ivoire : Cartographie de la dynamique forestière de 1986 à 2015. Rome, Italie, FAO, pp. 32. <https://t.co/CeraHO4Jos>, 2017.
- [9] OSS, Cartographie de l'occupation du sol. Spécifications techniques : Amélioration de la Résilience des Populations Sahéliennes aux Mutations Environnementales, REP-SAHEL, pp. 28, 2013.
- [10] S.V.C. Jofack, F.K. Kouamé, H. D. N'da, B. Tankoano, Y.L. Akpa, and N. B. Ngounou, Cartographie de l'occupation de soldes Hauts Plateaux de l'Ouest Cameroun par réseaux de neurones appliqués à une image LANDSAT 8 OLI. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, vol 23, n°2, pp. 443-454, 2016.
- [11] P.Y. Longaretti, C. Vannier, R. Lasseur, and S. Lavorel, La modélisation des changements d'usage et de couverture des sols comme outil d'aide à la planification territoriale. *Sciences Eaux & Territoires*, vol 21, pp. 52-57, 2016. DOI :hal-01685718.
- [12] - V. Thiérieron, P.A. Herrault, A. Vincent, J. Inglada, and D. Sheeren, Utilisation des séries temporelles d'images Sentinel-2 pour la cartographie de l'occupation du sol dans un contexte de modélisation de la biodiversité. Colloque PAYOTTE 2017, Paris, France. <https://hal.inrae.fr/hal-02738272>, 2017.
- [13] J. Avakoudjo, M. Adi, I. Toko, V. Kindomihou, and B. Sinsin, 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*, vol 8, n°6, pp. 26 082 625, 2014. DOI: 10.4314/ijbcs.v8i6.22.
- [14] L.D. Gildas, S.T.V. Henri, and E.K. Nickson, Dynamique de l'occupation du sol et évolution des terres agricoles dans la commune de Sinende au nord Bénin. *Cahiers du CBRST*, vol 9, pp. 101-121, 2016.
- [15] Y.S.S. Barima, A.T.M. Kouakou, I. Bamba, Y.C. Sangne, M. Godron, and J. Andrieu, Cocoa crops are destroying the forest reserves of the classified Forest of Haut Sassandra (Ivory Coast). *Global Ecology and Conservation*, vol 8, pp. 85-98, 2016. DOI :oi.org/10.1016/j.gecco.2016.08.009.
- [16] Y.S.S. Barima, N. Barbier, I. Bamba, D. Traoré, J. Lejoly, and J. Bogaert, Dynamique paysagère en milieu de transition forêt-savane ivoirienne. *Bois et Forêts des Tropiques*, vol 299, n°1, pp. 15-25, 2009. DOI : <https://doi.org/10.19182/bft2009.299.a20419>.
- [17] L. Coulibaly, K.H. Kouassi, G. E. Soro, and I. Savane, Analyse du processus de savanisation du Nord de la Côte d'Ivoire par télédétection: Cas du département de Ferkessedougou. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol 17, n°1, pp.136, 2016.
- [18] K.O. Dien, Occupation Humaine de la réserve de faune et de flore du haut Bandama : Diagnostic et perspective pour gestion durable. *Europeanscientific Journal*, vol 14, n° 26, pp. 111, 2018. Doi :10.19044/esj.2018.v14n26p93.
- [19] B. Djakaridja, P. Yao Kouassi, G. GragnonBiege, G. Acapovi-Yao, J.F. Mavoungou, and E. N'Goran Kouakou, Situation épidémiologique des hémoparasites des bovins dans deux zones d'élevage de la Côte d'Ivoire : cas des anciennes régions des Savanes et de la vallée du Bandama. *Médecine Vétérinaire*, vol 165, n°9, pp. 297-303, 2014.
- [20] D. P. Sokouri, C.V. Yapi-Gnaoré, A.S.P. N'Guetta, N.E. Loukou, B.J. Kouao, G. Touré, A. Sangaré, and A. Kouassi, Utilisation et gestion des races taurines locales sous la pression des croisements avec les zébus dans les régions Centre et Nord de la Côte d'Ivoire. *Journal of Animal and plant sciences*, vol 5, pp. 456-465, 2010.
- [21] J-L. Guillaumet, and E. Adjanohoun, La végétation de la Côte d'Ivoire. In : Avenard J-M, Eldin M, Girard G, Sircoulon J, Touchebeuf de Lussigny P, Guillaumet JL, Adjanohoun E, Perraud A. Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Paris : ORSTOM, vol 50, pp. 161-263, 1971.

- [22] F. Lauginie, Conservation de la nature et aires protégées en Côte d'Ivoire. *NEI/Hachette et Afrique Nature*, Abidjan, pp. 668, 2007.
- [23] T. Pham, F. Bonn, and J-M. Dubois, Démarche méthodologique pour la détection des changements d'un milieu morcelé en utilisant des images à moyenne résolution spatiale : Application à une région littorale au Viêt-Nam. *Revue Télédétection*, vol 7, n°1-2-3-4, pp. 303- 323, 2007.
- [24] B. Tankoano, M. Hien, Z. Sanon, J.T. Yameogo, and I. Somda, Dynamique spatiotemporelle des savanes boisées de la forêt classée de Tiogo au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol 9, n°4, pp. 1983-2000, 2015.DOI: 10.4314/ijbcs.v9i4.23.
- [25] M.C. Girard, and C.M. Girard, Traitement des données de télédétection. Dunod, Paris, France, pp. 529,1999.
- [26] R.G. Pontius, Quantification error versus location in comparison of categorical maps. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol 66, n°8, pp.1011-1016, 2000.
- [27] M. H. A. Baig, L. Zhang, T. Shuai, and Q. Tong, Derivation of a tasselled cap transformation based on Landsat 8 at-satellite reflectance. *RemoteSensingLetters*, vol 5, n°5, pp. 423 - 431, 2014.<https://doi.org/10.1080/2150704X.2014.915434>.
- [28] K.B. Kpangui, Dynamique, diversité végétale et valeurs écologiques des agroforêts à base de cacaoyères de la Sous-préfecture de Kokumbo (Centre de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, UFR Biosciences, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, pp. 206, 2015.
- [29] S. Soulama, A. Kadeba, B.M.I. Nacoulma, S. Traoré, Y. Bachmann, and A. Thiombiano, Impact des activités anthropiques sur la dynamique de la végétation de la réserve partielle de faune de Pama et de ses périphéries (sud-est du Burkina Faso) dans un contexte de variabilité climatique. *Journal of Applied Biosciences*, vol 87, pp. 8047– 8064, 2015.DOI: 10.4314/jab.v87i1.6.
- [30] G. Soro, E.K. Ahoussi, E.K. Kouadio, T.D. Soro, S. Oulare, M.B. Saley, and J. Biemi, Apport de la télédétection à la cartographie de l'évolution spatio-temporelle de la dynamique de l'occupation du sol dans la région des Lacs (Centre de la Côte d'Ivoire). *Afrique Science : Revue Internationale des Sciences et Technologie*, vol 10, n°3, pp. 146 – 160, 2014.
- [31] M-S. Tiébré, O. Djakalia, K.B. Kpangui, D.F. Kouassi, and K. É. N'Guessan, Diversité floristique de la région de Foungebesso en zone de transition forêt-savane à l'Ouest de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol 10, n°3, pp. 1007– 1016, 2016. DOI:10.4314/ijbcs.v10i3.8.
- [32] P. Dugué F.R. Koné, G. Koné, and F. Akindes, Production agricole et élevage dans le centre du bassin cotonnier de Côte d'Ivoire. *Cahiers Agricultures*, vol 13, n°6, pp. 504-509, 2004.
- [33] B. Mamane, G. Amadou, M. Baragé, J. Comby, and J. M. K. Ambouta, Dynamique spatiotemporelle d'occupation du sol dans la Réserve Totale de Faune de Tamou dans un contexte de la variabilité climatique (Ouest du Niger). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol 12, n°4, pp. 1667-1687, 2018.DOI:10.4314/ijbcs.v12i4.13.
- [34] K. D. Kpedenou, O. Drabo, A. P. Ouoba, C. E. D. Dapola, and T.K.T. Tanzidani, Analyse de l'occupation du sol pour le suivi de l'évolution du paysage du territoire Ouatchi au sud-est Togo entre 1958 et 2015. *Cahiers du Cerleshs*, vol 31, n° 55, pp. 203-228, 2017.
- [35] D. Millogo, A. A. Nikiéma, B. Koulibaly, and N.P. Zombré, Analyse de l'évolution de l'occupation des terres à partir de photographies aériennes de la localité de Loaga dans la province du Bam, Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol 11, n°5; pp. 21 332 143, 2017.DOI:10.4314/ijbcs.v11i5.16.
- [36] P. Montagne, A. Coulibaly, A. Nouhou, I. Oumarou, H. Djibo, and I. Aboubacar, Schéma Directeur d'Approvisionnement en Combustibles Domestiques de Niamey. Rapport d'étude du projet COGESO, pp. 224, 2017.
- [37] S. Dembélé, M. Soumaré, C.H. Diakite, and D. Gaillard, Dynamiques des paysages régionaux en zone cotonnière du Mali. *Tropicultura*, vol 36, n°2, pp. 232-242, 2018.
- [38] A. T. M. Kouakou, A. A. Y. Assalé, and Y. S. S. Barima, Impact des pressions anthropiques sur la flore de la forêt classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *Tropicultura*, vol 36, n°2), pp.155-170, 2018.